COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-CINQUIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1937.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1937

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUILLET 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Farid Boulad Bey**, Membre de l'Institut d'Égypte, qui assiste à la séance.

M. **E.-L. Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Étude des Saturnioïdes normaux* (Famille des Saturniidés).

M. **E. Jouguet** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Max Serruys intitulé *La combustion détonante dans les moteurs à explosion. Facteurs et incidences d'ordre physique et mécanique*, avec une *Préface* de M. A. Métral, et pour lequel il a écrit lui-même une *Préface*.

PLIS CACHETÉS.

M. E. **Tarlet** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 1er octobre 1928 et enregistré sous le n° 10052.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Aéroplane à ailes rotatives*.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

MM. R.-L. **Mayer** et C. **Oechslin** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 9 novembre 1936 et enregistré sous le n° 11222.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Antistreptococciques*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. **Xavier Séjourné** demande l'ouverture de deux plis cachetés reçus dans la séance du 28 juin 1937 et enregistrés sous les nos 11308 et 11309.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent deux Notes intitulées respectivement *Le système saturnien; une explication possible de la structure des anneaux et de leurs conditions d'équilibre dans un milieu supposé magnétique; — L'équilibre du système saturnien; une nouvelle théorie de la genèse des cirques lunaires, et son application possible à l'étude des structures lunaire et martienne*.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la *Chaire de Médecine* vacante au Collège de France.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

L'**Université d'Allahabad** invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du *Cinquantième anniversaire* de sa fondation, le 16 novembre 1937.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Correspondance scientifique de l'*Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, xviiie siècle, 1766-1782 (en langue russe).

2° IIe Congrès mondial du Pétrole. *Nomenclature des termes techniques de l'Industrie du Pétrole* (allemand-anglais-français) (Autographié).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Éléments d'une théorie générale des chaînes constantes simples de Markoff.* Note de M. **Wolfgang Dœblin**, présentée par M. Émile Borel.

But de cette Note. — Les événements en chaîne de Markoff ont été étudiés dans des cas de plus en plus étendus par divers auteurs. On peut se proposer de formuler une théorie générale ne faisant intervenir, pour les résultats obtenus, qu'un nombre minimum d'hypothèses toutes satisfaites dans les cas déjà étudiés. Mais, bien entendu, en gagnant en généralité comme nous le ferons dans ce qui suit, les énoncés se compliquent parce que des cas nouveaux se présentent.

Définition générale des chaînes simples constantes de Markoff. — Soient W un ensemble non vide quelconque, $\mathcal{F}$ une famille de sous-ensembles de W (dits mesurables) (comprenant W et l'ensemble vide), formant un corps Borélien. Faisons correspondre à chaque ensemble mesurable $\mathcal{E}$ et à chaque point $E \in W$ une grandeur bien définie $P^{(1)}(E, \mathcal{E}) \geq 0$, complètement additive par rapport à $\mathcal{E}$, avec $P^{(1)}(E, W) = 1$, mesurable par rapport à E pour chaque $\mathcal{E} \in \mathcal{F}$. Nous interpréterons $P^{(1)}(E, \mathcal{E})$ comme la probabilité de passage de E en $\mathcal{E}$ d'un certain point mobile en une épreuve. Nous désignerons par $P^{(n)}(E, \mathcal{E})$ le $n^{\text{ième}}$ itéré de $P^{(1)}(E, \mathcal{E})$. On a deux problèmes : I. Problème analytique : étude de l'allure asymptotique de la distribution $P^{(n)}(E, \mathcal{E})$ pour $n \to \infty$. II. Problème probabiliste : étude du mouvement du point mobile.

Définitions et hypothèses. — Soit $Q(E, \mathcal{E})$ la probabilité pour que le point mobile issu de E passe une infinité de fois par $\mathcal{E}$. Nous dirons que $\mathcal{E}$ ($\in \mathcal{F}$) est inessentiel si $Q(E, \mathcal{E}) = 0$ quel que soit E, essentiel dans le cas contraire. Si $\mathcal{E}$ est la somme d'une infinité dénombrable d'ensembles inessentiels, nous dirons que $\mathcal{E}$ est essentiel impropre, dans le cas contraire $\mathcal{E}$

est dit absolument essentiel. Un ensemble $\mathcal{E} \in \mathcal{F}$ qui satisfait aux deux conditions :

a. $P^{(1)}(E, W - \mathcal{E}) = 0$ si $E \in \mathcal{E}$ et *b*, si $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ sont deux sous-ensembles disjoints de $\mathcal{E}$, on n'a pas à la fois $P^{(1)}(E, W - \mathcal{E}_1) = 0$ si $E \in \mathcal{E}_1$ et $P^{(1)}(E, W - \mathcal{E}_2) = 0$ si $E \in \mathcal{E}_2$, est dit *pseudo-final*. Il existe toujours des ensembles satisfaisant à *a* (p. ex. W). Soit $\mathcal{O}$ un ensemble $\in \mathcal{F}$ satisfaisant à *a*. Alors : ou bien $\mathcal{O}$ est pseudo-final, ou bien, il y a dans $\mathcal{O}$ deux ensembles $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}'$ disjoints satisfaisant chacun à *a*. Si $\mathcal{E}_1$, par exemple, ne satisfait pas à *b*, il y aura dans $\mathcal{E}_1$ deux ensembles disjoints $\mathcal{E}_2$ et $\mathcal{E}'_2$ satisfaisant à *a*. On peut ainsi, à partir de $\mathcal{O}$, construire des suites descendantes d'ensembles, satisfaisant à *b*, finies ou transfinies. Plaçons-nous dans le cas où, pour chaque ensemble tel que $\mathcal{O}$, il existe une suite aboutissant finalement à un ensemble $\mathcal{E} \in \mathcal{F}$, satisfaisant à *a*, mais $\mathcal{E}$ ne comprenant plus plusieurs ensembles disjoints satisfaisant isolément à *a*. Il existe alors des ensembles pseudo-finals (qu'on peut définir d'une façon univoque). Soit $\Sigma \mathcal{L}_y$ la réunion des ensembles pseudo-finals. Nous n'étudions ici que les cas où $\Sigma \mathcal{L}_y$ est mesurable. Il en sera toujours ainsi si la famille $\{\mathcal{L}_y\}$ est finie ou dénombrable.

Énoncés. — $W - \Sigma \mathcal{L}_y$ est inessentiel ou essentiel impropre. On peut écrire

$$W - \Sigma \mathcal{L}_y = \mathcal{E}_1 + \ldots + \mathcal{E}_n + \ldots,$$

tel que $P^{(n)}(E, \mathcal{E}i) \to 0$ quels que soient E et i. Soit $\mathcal{L}_y$ un ensemble pseudo-final. Trois cas peuvent se présenter :

1° $\mathcal{L}_y$ est essentiel impropre [donc $\mathcal{L}_y = \Sigma \mathcal{E}'_i$ avec $P^{(n)}(E, \mathcal{E}'_i) \to 0$];

2° $\mathcal{L}_y$ est essentiel impropre et il existe dans $\mathcal{L}_y$ un ensemble $\mathcal{G}_y$, absolument essentiel avec $P^{(1)}(E, W - \mathcal{G}_y) = 0$ si $E \in \mathcal{G}_y$ et tel que si $\mathcal{E} \subset \mathcal{G}_y$ est essentiel, on a $Q(E, \mathcal{E}) = 1$ si $E \subset \mathcal{G}_y$. $\mathcal{G}_y$ sera dit *ensemble final;*

3° Cas anormal. $\mathcal{L}_y$ est absolument essentiel, mais il n'existe pas d'ensemble $\mathcal{G}_y$. Dans ce cas, il existe une infinité non dénombrable d'ensembles disjoints essentiels impropres $\subset \mathcal{L}_y$ tels qu'on puisse rester indéfiniment (sans sortir) dans chacun de ces ensembles avec probabilité $> 1/2$. (Nous ne croyons pas qu'on puisse nommer des cas anormaux.)

Les énoncés qui suivent s'appliquent aux deux cas 2° et 3°, mais se simplifient sensiblement dans le cas 2°.

$\mathcal{L}_y$ est de la forme $\mathcal{L}'_y + R_y$, R_y étant essentiel impropre, $\mathcal{L}'_y$ étant pseudo-final et se divisant en $d(y)$ sous-ensembles disjoints dits sous-ensembles cycliques $1(y), \ldots, d(y)$, tels que le point mobile se trouvant dans $\mathcal{L}'_y$

passe presque sûrement à chaque épreuve d'un sous-ensemble cyclique au suivant.

Disons qu'une propriété a lieu pour presque tout $E \in \mathcal{L}'_y$, si elle a lieu pour tout $E \in \mathcal{L}'_y$ sauf dans un ensemble iness. ou ess. impropre. Alors pour presque tout $E \in \mathcal{L}'_y$ $\limsup_{n \to \infty} P^{(n)}(E, \mathcal{E})$ est indépendante de E.

THÉORÈME I. — *Si, pour toute suite descendante d'ensembles* $A_i \in \mathcal{L}'_y$ *avec* $\lim A_i = 0$, *on a* $\lim_{i\to\infty} \limsup_{n\to\infty} P^{(n)}(E, A_i) = 0$ *pour presque tout* $E \in \mathcal{L}'_y$, *alors si* $\mathcal{E} \subset l(y)$ *pour presque tout* $E \in l_1(y)$,

$$(1) \qquad \begin{cases} P^{(n)}(E, \mathcal{E}) = 0 & \text{si } n \not\equiv l - l_1 \quad [\bmod d(y)], \\ \to P_{l(y)}(\mathcal{E}) & \text{si } n \equiv l - l_1 \quad [\bmod d(y)]. \end{cases}$$

La fonction $P_{l(y)}(\mathcal{E})$ *étant complètement additive,*

$$P_{l(y)}[l(y)] = 1, \qquad P_{l(y)}[W - l(y)] = 0, \qquad P_{l(y)}(\mathcal{E}) > 0$$

si $\mathcal{E}$ *est abs. ess.* $\subset l(y)$. *Si* $\mathfrak{S}(\mathcal{E})$ *est une famille dénombrable quelconque de sous-ensembles mesurables* $\subset \mathcal{L}'_y$, *il existe un ensemble pseudo-final* $\mathcal{H} \subset \mathcal{L}'_y$ *tel que pour tout* $E \in \mathcal{H}$ *et tout* $\mathcal{E} \in \mathfrak{S}(\mathcal{E})$ *on a les équations* (1).

THÉORÈME II. — *Si les conditions formulées dans le théorème I ne sont pas satisfaites, alors il existe une suite descendante d'ensembles* $\mathcal{E}_i$ *avec* $\lim \mathcal{E}_i = 0$, *telle que* $\lim_{n\to\infty} P^{(n)}(E, \mathcal{L}'_y - \mathcal{E}_i) = 0$ *et* $\lim_{n\to\infty} P^{(n)}(E, \mathcal{E}_i) = 1$ *pour* $E \in \mathcal{L}'_y$ *et quel que grand que soit i.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces non holonomes totalement géodésiques.* Note (1) de M. **Kentaro Yano**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans un espace de Riemann V_n à n dimensions dont la métrique est donnée par

$$(1) \qquad ds^2 = G_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu \qquad (\lambda, \mu, \ldots = 1, 2, \ldots, n),$$

on définit un espace non holonome V_n^m par $n - m$ équations de Pfaff linéairement indépendantes et non complètement intégrables

$$(2) \qquad p_\lambda^A\, dx^\lambda = 0 \qquad (A = m+1, m+2, \ldots, n).$$

(1) Séance du 28 juin 1937.

Cela posé, on dit qu'une courbe $x^\lambda(s)$ se trouve dans V_n^m, si les équations

$$p_\lambda^A \frac{dx^\lambda}{ds} = 0 \tag{3}$$

sont satisfaites le long de la courbe. Les géodésiques de V_n ne se trouvent pas en général dans V_n^m.

Dans l'espace non holonome V_n^m, les géodésiques sont définies comme il suit :

Si, le long d'une courbe $x^\lambda(s)$, les équations (3) sont toujours satisfaites et l'intégrale $\int_{s_1}^{s_2} ds$ est stationnaire pour toutes les variations s'annulant aux deux extrémités et satisfaisant aux équations

$$p_\lambda^A \delta x^\lambda = 0,$$

cette courbe s'appelle géodésique dans l'espace non holonome V_n^m.

Les équations différentielles déterminant ces courbes sont

$$\frac{d^2 x^\lambda}{ds^2} + (\Gamma_{\mu\nu}^\lambda + p_A^\lambda p_{\mu;\nu}^A) \frac{dx^\mu}{ds} \frac{dx^\nu}{ds} = 0 \quad (^2), \tag{4}$$

où les $\Gamma_{\mu\nu}^\lambda$ sont les symboles de Christoffel formés avec les $G_{\lambda\mu}$ et où

$$p_A^\lambda = G^{\lambda\mu} p_\mu^A,$$
$$p_{\mu;\nu}^A = \frac{\partial p_\mu^A}{\partial x^\nu} - p_\lambda^A \Gamma_{\mu\nu}^\lambda.$$

Comme l'on voit d'après (4), si l'on a

$$p_A^\lambda p_{\mu;\nu}^A + p_A^\lambda p_{\nu;\mu}^A = 0, \tag{5}$$

les équations (4) se réduisent à

$$\frac{d^2 x^\lambda}{ds^2} + \Gamma_{\mu\nu}^\lambda \frac{dx^\mu}{ds} \frac{dx^\nu}{ds} = 0;$$

en d'autres termes, les géodésiques de V_n et de V_n^m coïncident; dans ce cas nous disons que notre espace non holonome est totalement géodésique.

Comme les $n - m$ vecteurs p_A^λ sont linéairement indépendants, on a, d'après (5),

$$p_{\mu;\nu}^A + p_{\nu;\mu}^A = 0, \tag{6}$$

---

(2) J. L. Synge, *Mathematische Annalen*, 99, 1928, p. 738-751.

ce sont les équations de Killing qui expriment les conditions nécessaires et suffisantes pour que, dans l'espace V_n, les transformations infinitésimales dans les $n-m$ directions p^λ_A

$$x^\lambda \rightarrow x^\lambda + p^\lambda_A \delta t$$

ne changent pas la métrique (1). Nous avons ainsi le théorème :

Si V_n *admet* $n-m$ *transformations infinitésimales* $x^\lambda \rightarrow x^\lambda + p^A \delta t$ *dans les* $n-m$ *directions* p^λ_A *linéairement indépendantes et normales à la variété* V^m_n *définie par* $p^A_\lambda dx^\lambda = 0$, *cette variété* V^m_n *est totalement géodésique.*

Appliquons ce théorème au cas que nous avons traité dans une Note précédente ([3]). Comme nous y avons supposé que V_5 admet une transformation infinitésimale $x^\lambda \rightarrow x^\lambda + \varphi^\lambda \delta t (\lambda, \mu, \ldots = 1, 2, 3, 4, 5)$, l'espace non holonome V^4_5 défini par $\varphi_\lambda dx^\lambda = 0$ et identifié avec l'espace-temps, est totalement géodésique. En effet, si l'on forme les symboles de Christoffel $\Gamma^\lambda_{\mu\nu}$ des $G_{\lambda\mu}$ où

$$G_{ij} = g_{ij} + \varphi_i \varphi_j, \qquad G_{i5} = \varphi_i, \qquad G_{55} = 1 \quad (i, j, \ldots = 1, 2, 3, 4),$$

on a

$$\varphi_{\mu;\nu} = \frac{\partial \varphi_\mu}{\partial x^\nu} - \varphi_\lambda \Gamma^\lambda_{\mu\nu} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \varphi_\mu}{\partial x^\nu} - \frac{\partial \varphi_\nu}{\partial x^\mu}\right) = \varphi_{\mu\nu};$$

donc les équations (5) sont évidemment satisfaites.

Les trois conditions posées par MM. Einstein et Mayer ([4]) dans leur théorie unitaire des champs sont (avec nos notations)

$$\text{(I)} \qquad G_{\lambda\mu;i} \equiv \frac{\partial G_{\lambda\mu}}{\partial x^i} - G_{\nu\mu}\Pi^\nu_{\lambda i} - G_{\lambda\nu}\Pi^\nu_{\mu i} = 0,$$

$$\text{(II)} \qquad g^\lambda_{i;j} \equiv \frac{\partial g^\lambda_i}{\partial x^j} + g^\mu_i \Pi^\lambda_{\mu j} - g^\lambda_k \left\{ {k \atop ij} \right\} = -\varphi^\lambda \varphi_{ij},$$

$$\text{(III)} \qquad \varphi_{ij} = -\varphi_{ji},$$

où $\left\{ {k \atop ij} \right\}$ sont les symboles de Christoffel formés avec les g_{ij}, et

$$g^\lambda_i \equiv G^{\lambda\mu} g_{\mu i} \equiv G^{\lambda\mu}(G_{\mu i} - \varphi_\mu \varphi_i).$$

Comme (I) exprime que V^4_5 est métrique et (II) et (III) que V^4_5 est totalement géodésique, on prévoit facilement qu'on peut démontrer les trois conditions.

([3]) K. Yano, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 332-334.
([4]) A. Einstein et W. Mayer, *Sitz. preuss. Akad. Wiss.*, 1931, p. 541-557.

En effet, si l'on pose

$$\Pi^{\lambda}_{\mu i} = \Gamma^{\lambda}_{\mu i} - \Gamma^{\lambda}_{\mu s} \varphi_i,$$

on peut démontrer les trois conditions posées par MM. Einstein et Mayer, en ne supposant que les conditions posées par nous-même dans la Note précédente.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la meilleure majorante harmonique d'une fonction sous-harmonique.* Note [1] de M. **Marcel Brelot.**

1. Soit dans l'espace à n dimensions et pour le langage dans le plan, un domaine D, où $u(M)$ est sous-harmonique au sens général de F. Riesz.

Soit D' un domaine complètement intérieur de frontière F'. Considérons sur F' une suite de distributions φ_n continues, tendant en décroissant vers u. A φ_n correspond dans D' une fonction harmonique solution du problème de Dirichlet généralisé (au sens de Wiener), qui tend en décroissant vers une fonction harmonique $\overline{h}$ (indépendante de φ_n).

Dans le cas où D' *est un domaine de Dirichlet*, F. Riesz appela $\overline{h}$ la meilleure majorante harmonique de u dans D' (dénomination qu'on étendra au cas général) et T. Radó montra son *identité* avec la plus petite majorante harmonique h^* de u dans D' (qu'on obtient par passage à la limite sur la meilleure majorante harmonique dans une suite de domaines de Dirichlet emboîtés δ_n intérieurs à D' et tendant vers D') [2].

2. Pour un domaine D' borné quelconque, cette identité est évidente lorsque u est continue au voisinage de F'. En général elle n'a plus lieu. Voici un exemple négatif inspiré de la démonstration de T. Radó. Supposons que D' admette un seul point frontière *irrégulier* O et considérons la fonction $-\log 1/\text{OM}$ qui coïncide avec sa plus petite majorante harm. dans D'. Nous allons voir que la meilleure maj. harm. en diffère.

Introduisons la fonction u_n déduite de $\log \text{OM}$ par trois médiations spatiales successives dans des cercles de rayon $1/n$; u_n est sous-harmonique, douée de dérivées secondes continues et tend en décroissant vers $\log \text{OM}$.

---

(1) Séance du 28 juin 1937.

(2) Voir Tibor Radó, *Subharmonic Functions* (*Ergebnisse der Mathematik u. ihrer Grenzgebiete*, 5, Heft 1, Berlin, 1937).

Si G(M, P) est la fonction de Green généralisée dans D', l'expression

$$u_n(P) + \frac{1}{2\pi}\iint_{D'} G(M, P)\,\Delta u_n(M)\,d\sigma_M$$

est, pour n fixé, harm. et bornée dans D' et prend sur F' hors de O la valeur de u_n, donc est la solution du problème de Dirichlet pour D' avec distribution-frontière égale à u_n. Il suffira donc de constater que l'intégrale précédente $\iint_{D'}$ ne tend pas vers zéro, quand, P étant fixé, $n \to +\infty$.

Or Δu_n est fonction seulement de n et OM et si $\Gamma_{3/n}$ est le cercle de centre O et rayon $3/n$,

$$\frac{1}{2\pi}\iint_{\Gamma_{3/n}} \Delta u_n\,d\sigma = 1.$$

D'autre part, la fonction égale à G(M, P) (P fixé) dans D', égale en O à la p. g. l. $\lambda > 0$ de G en ce point, égale à 0 ailleurs, est s. h. dans D — P et continue sauf en O. Donc l'ensemble ouvert des points où elle surpasse $\lambda/2$ admet O comme point-frontière irrégulier ([3]) et rencontre toute circonférence assez petite de centre O sur un arc supérieur par exemple à la demi-circonférence. D'où aisément

$$\frac{1}{2\pi}\iint_{\Gamma_{3/n}} \Delta u_n(M)\,G(M, P)\,d\sigma_M > \frac{\lambda}{4}.$$

3. Quand D' est domaine de Dirichlet, $\bar{h}$ ou h^* sont aussi (T. Radò) la seule fonction harm. dans D' telle qu'en la prolongeant par u on obtienne une fonction s. h. dans D. Pour D' quelconque il convient d'étudier $\bar{h}$ et h^*.

a. La fonction (h^*, u) égale à h^* dans D', à u dans (D — D') peut être modifiée sur F' de façon unique de manière à devenir s. h. dans tout D (usage de δ_n, d'une suite croissante de fonctions s. h., et des propriétés des fonctions presque s. h.). On doit pour cela la prendre en chaque point de F' égale à la p. g. l. de (h^*, u) (dém. directe de sous harmonicité).

b. La fonction $(\bar{h}, u)$ égale à $\bar{h}$ dans D', à u dans (D — D') peut être modifiée sur F' de manière à devenir s. h. dans D. Il n'y a qu'à la prendre, en tout point Q de F', égale à la p. g. l. de $(\bar{h}, u)$, *ou encore*, à u si Q est régulier, sinon à la p. g. l. en ce point de $\bar{h}$ sur D'.

([3]) Voir *Bull. des Sc. Math.*, 2e série, 60 (no 6 de l'article), avril 1936, p. 118.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une méthode de sommation, valable presque partout, pour les séries de Fourier de fonctions continues.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Jacques Hadamard.

I. Soit $f_0, f_1, \ldots, f_n, \ldots$ une suite de fonctions réelles, bornées dans leur ensemble, de la variable x dans $(0, 2\pi)$. Soit

$$|f_p(x)| \leqq M_p \leqq M, \qquad \Delta f_p = f_p - f_{p+1}, \qquad \Delta^2 f_p = \Delta f_p - \Delta f_{p+1}.$$

Considérons la série trigonométrique dont le terme d'ordre p est, quel que soit p, le terme d'ordre p de la série de Fourier de f_p

$$\text{(S)} \qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f_0(x)\,dx + \sum_{p=1}^{\infty} \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f_p(x)\cos p(x-\alpha)\,dx$$

et soit $S_n(\alpha)$ la somme de cette série arrêtée au terme de rang n. En remarquant que la somme des carrés des coefficients d'ordre p s'exprime par une intégrale double et en appliquant la transformation d'Abel à la somme de ces intégrales doubles, on obtient facilement les limitations suivantes :

$$(1) \qquad \int_0^{2\pi} S_n^2(\alpha)\,d\alpha < C \sum_0^{n-1}{}' M_p \log p \int_0^{2\pi} |\Delta f_p(x)|\,dx + \int_0^{2\pi} f_n^2(x)\,dx,$$

$$(2) \qquad \int_0^{2\pi} S_n^2(\alpha)\,d\alpha < C \sum_0^{n-1}{}' M_p \sqrt{\log p} \int_0^{2\pi} \left|\Delta\left[f_p(x)\sqrt{\log p}\right]\right| dx + \int_0^{2\pi} f_n^2(x)\log n\,dx,$$

C étant une constante absolue (¹). En faisant deux applications successives de la transformation d'Abel, on obtient

$$(3) \qquad \int_0^{2\pi} S_n^2(\alpha)\,d\alpha < 6M \sum_0^{n-2} (p+1) \int_0^{2\pi} |\Delta^2 f_p(x)|\,dx + 6M \int_0^{2\pi} n\,|\Delta f_{n-1}(x)|\,dx + \int_0^{2\pi} f_n^2(x)\,dx.$$

On déduit immédiatement de ces inégalités des conditions dans lesquelles la série (S) est la série de Fourier d'une fonction de carré sommable $S(\alpha)$.

(¹) L'accent au signe de sommation signifie que dans les deux premiers termes $\log p$ doit être remplacé par une constante numérique telle que 1.

a. Il en est ainsi, en particulier, si la suite des fonctions f_p est infinie, positive, décroissante et convexe, et dans ce cas, on a

$$(4) \qquad \int_0^{2\pi} S^2(\alpha)\,d\alpha \leqq 6M\int_0^{2\pi} f_0(x)\,dx - 5M\lim\int_0^{2\pi} f_n(x)\,dx.$$

b. Si la suite des fonctions f_p est finie on peut appliquer l'inégalité (4), mais pourvu que la suite complétée par deux zéros soit elle-même convexe.

II. Les résultats précédents ont des conséquences intéressantes quand les fonctions f_p sont des fonctions caractéristiques d'ensembles E_p de $(0, 2\pi)$, tels que $E_0 \supset E_1 \supset \ldots \supset E_n \supset \ldots$. En effet, si $F(x)$ est une fonction dont les coefficients de Fourier d'ordre n sont a_n, b_n, et la $n^{\text{ième}}$ somme de Fourier $S_n(x)$, on a, $n(x)$ étant un entier fonction de x variant entre 0 et n

$$\int_0^{2\pi} S_{n(x)}(x)\,dx = \int_0^{2\pi}\left[f_0(x)\frac{a_0}{2} + \sum_{p=1}^{n} f_p(x)\,(a_p\cos px + b_p\sin px)\right]dx.$$

Le théorème bien connu de Kolmogoroff et Seliverstoff peut alors se déduire de l'inégalité (2) ci-dessus. Considérons maintenant un procédé de sommation quelconque de la série de Fourier de $F(x)$

$$\xi_p(x) = \lambda_0^p\frac{a_0}{2} + \lambda_1^p(a_1\cos x + b_1\sin x) + \ldots + \lambda_p^p(a_p\cos px + a_p\sin px).$$

La proposition (*b*) ci-dessus permet de montrer que si la suite $\lambda_0^p, \lambda_1^p, \ldots, \lambda_p^p$, 0, 0 est décroissante et convexe quel que soit p ($\lambda_0^p = 1$), on a, C étant une constante absolue

$$\left|\int_0^{2\pi} \xi_{n(x)}(x)\,dx\right| < C\left(\int_0^{2\pi} F^2(x)\,dx\right)^{\frac{1}{2}}.$$

III. Soit maintenant $f(x)$ une fonction continue dont les coefficients de Fourier d'ordre n sont a_n, b_n. Soient $\psi_0(r), \psi_1(r), \ldots, \psi_n(r), \ldots$ des fonctions positives, formant une suite décroissante et convexe ($\psi_0 = 1$), tendant vers zéro pour n infini, cela quel que soit r tel que $0 \leqq r < 1$. Nous supposerons que, pour r tendant vers 1, chacune des fonctions $\psi_p(r)$, p étant fixe, tend vers 1. Enfin nous supposerons que pour r quelconque, mais fixe, et *inférieur* à 1, on a $\psi_n(r) = O(1/\log n)$. On sait que dans ces conditions la série $\Sigma(a_n\cos nx + b_n\sin nx)\psi_n(r)$ converge uniformément en x, r étant fixe et *inférieur* à 1. Soit $F(r, x)$ sa somme, continue en x.

On a

$$F(r, x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(\alpha)\left[\frac{1}{2}\psi_0(r) + \psi_1(r)\cos(x-\alpha) + \ldots\right]d\alpha.$$

Supposons maintenant que r soit une fonction de x que nous désignerons par r_x. Nous supposerons $r_x \leqq \rho < 1$. On démontre sans difficulté (²) que

$$\int_0^{2\pi} F(r_x, x)\,dx = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(\alpha)\,d\alpha \int_0^{2\pi}\left[\frac{1}{2}\psi_0(r_x) + \psi_1(r_x)\cos(x-\alpha) + \ldots\right]dx.$$

Le résultat (a) ci-dessus permet de montrer que la fonction de α multipliant $f(\alpha)\,d\alpha$ est de carré sommable et que

$$\left|\int_0^{2\pi} F(r_x, x)\,dx\right| < C\left[\int_0^{2\pi} f^2(\alpha)\,d\alpha\right]^{\frac{1}{2}},$$

C étant une constante absolue. De là on déduit que si $r_0 \leqq r_x \leqq \rho < 1$ l'intégrale $\int_0^{2\pi} |F(r_x, x) - f(x)|\,dx$ est arbitrairement petite pour r_0 suffisamment voisin de 1. Il suffit de partager la série de Fourier de f en deux parties et de traiter séparément les deux intégrales s'y référant. Il résulte enfin de là que, *presque partout*, $F(r, x)$ tend vers $f(x)$ quand r tend vers 1. Ainsi par exemple, *presque partout*,

$$\lim_{s=0} \sum \frac{a_n \cos nx + b_n \sin nx}{n^s} = f(x), \qquad \lim_{s=0} \sum \frac{a_n \cos nx + b_n \sin nx}{1 + s \log n} = f(x).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de la théorie des fonctions analytiques de plusieurs variables complexes*. Note (¹) de M. **Natan Aronszajn**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans la théorie des fonctions analytiques d'une variable complexe on connaît le théorème très important de MM. Nevanlinna-Ostrowski (²) qui peut être énoncé sous la forme suivante :

Soient D *un domaine dans le plan de la variable* z, *limité par un nombre*

(²) Les fonctions $\psi(r)$ et r_x sont supposées, bien entendu, mesurables.

(¹) Séance du 14 juin 1937.

(²) Comp. le livre de G. Julia, *Principes géométriques d'analyse*, II, Paris, 1932, p. 42, où toutefois l'énoncé est un peu différent.

fini de courbes de Jordan, et A *un arc contenu dans la fermeture* $\overline{D}$ *de* D. *Il existe une fonction réelle continue* $\alpha(z)$, *définie dans* D, *telle que* $0 < \alpha(z) \leqq 1$ *et que, pour toute fonction* $f(z)$ *holomorphe dans* D *qui est en valeur absolue* $\leqq M$ *dans* D *et* $\leqq m < M$ *sur* A, *on ait*

$$|f(z)| \leqq m^{\alpha(z)} M^{1-\alpha(z)}, \quad \text{pour tout } z \text{ dans } D.$$

Si l'on considère, dans l'espace $2n$-dimensionnel des n variables complexes $Z \equiv (z_1, \ldots, z_n)$, une hypersurface S à $(2n-1)$ dimensions comme analogue à l'arc A, on peut trouver un théorème analogue au précédent pour les fonctions holomorphes de n variables complexes.

Mais, si l'on veut remplacer l'arc A par une hypersurface à un nombre de dimensions inférieur à $2n-1$, ce théorème analogue n'est plus en général vrai. Pourtant on peut le démontrer dans le cas particulier suivant :

Soient D *un domaine dans l'espace 2n-dimensionnel des n variables complexes,* S *un domaine dans l'espace n-dimensionnel correspondant des n variables réelles et contenu dans* D. *Il existe une fonction réelle continue* $\alpha(Z)$, *définie dans* D, *telle que* $0 < \alpha(Z) \leqq 1$ *et que, pour toute fonction* $f(Z)$ *holomorphe dans* D *qui est en valeur absolue* $\leqq M$ *dans* D *et* $\leqq m < M$ *sur* S, *on ait*

$$|f(Z)| \leqq m^{\alpha(Z)} M^{1-\alpha(Z)}, \quad \text{pour tout } Z \text{ dans } D.$$

La démonstration de ce théorème sera publiée prochainement.

2. Le théorème précédent admet des applications dans la théorie des fonctions harmoniques d'ordre infini ([3]).

Rappelons qu'une fonction $u(X)$ des n variables réelles $X \equiv (x_1, \ldots, x_n)$, définie dans un domaine D, y est harmonique d'ordre infini, si

$$(1) \qquad \lim_{p=\infty} \sqrt[p]{\frac{1}{(2p)!} |\Delta^p u(X)|} = 0,$$

uniformément dans un voisinage de tout point de D, $\Delta^p u(X)$ désignant le $p^{\text{ième}}$ laplacien de $u(X)$ ([4]). Il est à noter qu'une condition analogue avec

$$\overline{\lim_{p=\infty}} \sqrt[p]{\frac{1}{(2p)!} |\Delta^p u(X)|} \leqq M(X),$$

([3]) Ces fonctions ont été introduites dans notre Thèse *Sur les décompositions*..., (*Acta Math.*, 65, 1935, p. 1, dans le paragraphe 5 de la IIe partie).

([4]) Dans notre Thèse, nous avons ajouté à (1) des conditions du même genre portant sur les dérivées des $\Delta^p u(X)$. Mais ces conditions se montrent superflues car elles résultent de (1).

où M(X) est uniformément borné autour de chaque point de D, caractérise les fonctions analytiques dans D.

Ainsi, toutes les fonctions harmoniques d'ordre infini sont analytiques, mais l'inverse n'est évidemment pas vrai.

On trouve le théorème suivant :

Le prolongement analytique, même à travers l'espace complexe, d'une fonction harmonique d'ordre infini reste harmonique d'ordre infini.

Ce théorème peut être interprété de la façon suivante : *le prolongement analytique conserve l'équation* (1) qui peut être considérée comme équation aux dérivées partielles d'ordre infini. Il est intéressant que l'équation assez semblable à (1)

$$\lim_{p=\infty} \sqrt[p]{|\Delta^p u(X)|} = 0 \tag{2}$$

qui définit une classe particulière de fonctions harmoniques d'ordre infini et s'impose dans certains problèmes n'admette pas de théorème analogue. En effet, la fonction représentée en coordonnées polaires r, φ par la série

$$\sum_{n=0}^{\infty} r^{2^n(n+2)} \cos(n 2^n \varphi)$$

est analytique et même harmonique d'ordre infini dans le cercle $r < 1$ et ne satisfait à l'équation (2) que dans le cercle $r < 1/2$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Complément à l'étude des mouvements d'un liquide visqueux illimité.* Note de MM. **Jean Leray** et **Louis Robin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons trouvé de nouveaux cas dans lesquels le mouvement d'un liquide visqueux emplissant l'espace ne peut présenter d'irrégularité [1].

Notations. — t désigne le temps, $t = 0$ l'époque initiale, x un point de coordonnées (x_1, x_2, x_3), $u_i(x, t)$ est la vitesse du liquide, $u_i(x, 0)$ est donné.

1. Lemme sur la répartition de l'énergie cinétique. — Soit une fonction $\lambda(x)$

---

(1) Cette Note fait suite à l'article *Sur le mouvement d'un liquide visqueux emplissant l'espace*, par J. Leray (*Acta Math.*, 63, 1934, p. 193-248).

partout positive et de *gradient borné*. Soit $\Lambda(\lambda)$ l'ensemble des points x où $\lambda(x) > \lambda$. Soit un mouvement $u_i(x, t)$ régulier pour $0 < t \leqq t_1$. Si

$$\text{(1)} \qquad \liminf_{\lambda \to +\infty} \lambda \iiint_{\Lambda(\lambda)} \sum_{i=1}^{3} u_i(x, 0)^2 \, dx_1 \, dx_2 \, dx_3 = 0,$$

alors il existe une suite λ_n, indépendante de t, convergeant vers $+\infty$, telle que

$$\text{(2)} \qquad \lambda_n \iiint_{\Lambda(\lambda_n)} \sum_i u_i(x, t)^2 \, dx_1 \, dx_2 \, dx_3 \xrightarrow{\text{unif.}} 0 \qquad (0 \leqq t \leqq t_1).$$

Ce lemme s'obtient en modifiant légèrement le paragraphe 27 du premier article cité.

2. Nouveaux cas de régularité. — Soit un mouvement dont l'état initial vérifie (1); supposons en outre l'une des conditions suivantes réalisée pour $0 < t \leqq t_1$:

a. En tout point x la vitesse est inférieure à $\lambda(x)$;

b. En tout point x le tourbillon est inférieur à $\lambda(x)$.

Alors ce mouvement est régulier pour $0 < t \leqq t_1$.

Démonstration. — Les formules classiques qui donnent la vitesse en fonction du tourbillon ([2]) montrent que *b*. est un cas particulier de *a*., qui reste donc seul à examiner.

Soit $V(t)$ la plus grande vitesse à l'instant t; soit ν le quotient de la viscosité par la densité; posons

$$\eta(\lambda) = \max_{0 \leqq t \leqq t_1} \iiint_{\Lambda(\lambda)} \sum_i u_i(x, t)^2 \, dx_1 \, dx_2 \, dx_3.$$

Des inégalités dues à M. Oseen ([3]) permettent de majorer la vitesse, en un point appartenant à $\Lambda(\lambda)$, par une expression du type

$$\text{(3)} \qquad A \int_0^t \min \left\{ \frac{V^2(t')}{\sqrt{\nu(t-t')}}; \frac{\eta(\lambda - 1)}{[\nu(t-t')]^2} \right\} dt' + B,$$

où A est une constante numérique, B une constante dépendant de l'état ini-

---

([2]) Voir les Leçons sur la *Théorie des tourbillons*, par H. Villat, Chap. II, Paris, 1930.

([3]) Cf. Oseen, *Hydrodynamik*, Leipzig, 1927, et l'inégalité (3, 5) du premier article cité.

tial. Hors de $\Lambda(\lambda)$ la vitesse est inférieure à λ. Donc $V(t) < \lambda$ pour $0 \leq t \leq t_1$ si

$$\lambda > A \int_{-\infty}^{t} \min \left\{ \frac{\lambda^2}{\sqrt{\nu(t-t')}} ; \frac{\eta(\lambda-1)}{[\nu(t-t')]^2} \right\} dt' + B,$$

c'est-à-dire si

$$\lambda > 3A\nu^{-1}\lambda^{\frac{4}{3}}[\eta(\lambda-1)]^{\frac{1}{3}} + B. \tag{4}$$

D'après le paragraphe 1, lim inf. $\lambda\eta(\lambda) = 0$ pour $\lambda \to \infty$; l'inégalité (4) est donc satisfaite par une valeur de λ suffisamment grande.

L'existence de cette valeur, qui majore $V(t)$ pour $0 \leq t \leq t_1$, assure la régularité du mouvement (4) jusqu'à l'époque t_1.

3. Régularité des mouvements ayant une symétrie de révolution et des vitesses situées dans les plans méridiens (5). — Soit un état initial de vitesses ayant le *caractère* suivant : il possède une symétrie de révolution et toutes les vitesses rencontrent l'axe de révolution. La vitesse est supposée de carré sommable, de divergence nulle. Nous savons qu'à cet état initial correspond au moins un mouvement ayant le même caractère.

Théorème. — Ce mouvement ne devient jamais irrégulier quand la condition (1) est vérifiée, λ y représentant la distance à l'axe de révolution.

Démonstration. — Un théorème de MM. J. Pérès et J. Avanessoff (6) affirme que la condition *b* du paragraphe 2 est réalisée.

Complément. — Supposons, en outre, qu'à l'époque initiale le quotient du tourbillon par la distance à l'axe est bornée. Faisons tendre vers 0 le coefficient de viscosité. Le mouvement étudié tend vers une limite. Ce mouvement limite, défini pour toutes les valeurs positives de t, obéit aux lois des liquides parfaits (7).

---

(4) Voir à la page 224 du premier article cité : premier caractère des irrégularités.

(5) Ces mouvements sont très analogues aux mouvements plans. Les propositions énoncées au cours de ce paragraphe s'appliquent aussi aux mouvements plans ; J. Leray, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1892 ; J. Leray, Thèse, *Journal de Math.*, 9e série, 12, 1933, p. 64-82 ; W. Wolibner, *Math. Zeitschrift*, 37, 1933, p. 698-726.

(6) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 538.

(7) M. Wolibner a étudié directement ces mouvements des liquides parfaits.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les équations de Navier et la fonction de dissipation, en régime hydraulique. Les phénomènes thermiques provoqués dans le fluide par un mouvement rapide.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Henri Villat.

Nous adopterons la définition classique de la fonction de dissipation.

En régime hydraulique, si l'on donne aux vitesses les valeurs que révèle l'observation macroscopique, les *équations de Navier* ne sont plus vérifiées, et, par suite, le calcul de la fonction de dissipation tombe.

On peut essayer de sauver ces équations, en y introduisant un *terme supplémentaire*, sous la forme d'une *nouvelle* force. Prenons, pour simplifier, le cas d'un écoulement à une dimension : un fluide, incompressible, compris entre deux plateaux horizontaux illimités, est entraîné par la translation d'un de ces plateaux à la vitesse U. Il n'y a pas de gradient de pression, et, d'autre part, la pesanteur ne joue aucun rôle : la force appliquée à l'élément de volume est donc nulle, et, d'après les équations de Navier, le gradient de vitesse est constant. Or, quand on n'est plus en régime de Poiseuille, la distribution des vitesses est différente. Nous poserons donc que, du fait de la *turbulence*, apparaissent dans le fluide des forces, positives dans une certaine région, négatives dans une autre pour satisfaire aux lois de la mécanique. On pourrait, par exemple, voir dans ces forces l'effet de la translation d'ensemble sur les tourbillons présents, mais, en fait, nous nous garderons bien d'entrer dans le détail de leur mécanisme.

Dans ces conditions, en désignant par x la coordonnée parallèle à la vitesse u du fluide, par y la coordonnée verticale, le travail des forces superficielles est, par unité de temps : $\mu(uu'_y)'_y\,dx\,dy\,dz$. Il y aurait à *retrancher* le travail de la force appliquée à l'élément de volume, soit $\mu uu''_{y^2}\,dx\,dy\,dz$, mais *nous n'en ferons rien* : il s'agit, en effet, de la force spéciale dont nous venons de parler; nous considérerons que, de par la nature de cette force, et le mécanisme de sa production, son travail ne sert pas à accélérer l'élément de volume, mais se *dissipe* immédiatement en chaleur. De sorte que la fonction de dissipation n'est pas $\mu(uu'_y)'_y - \mu uu''_{y^2}$, mais bien $\mu(uu'_y)'_y$. Le fluide va s'échauffer; la diffusion de cette chaleur obéira à l'équation de la chaleur, et, par suite, la température du fluide, en régime permanent, sera donnée par

$$-k\mathrm{T}''_{y^2} = \mu(uu'_y)'_y.$$

D'où il suit, par une intégration immédiate, que la température du plan léché, thermiquement isolé, dépassera celle du plan entraîneur, supposé non isolé pour qu'une température de régime puisse s'établir, de $\mu U^2 : 2k$, quantité *indépendante de la loi de distribution des vitesses.*

Une remarque s'impose ici : si *le plan entraîneur* était thermiquement isolé, *et non le plan entraîné*, la différence de température entre les deux plans, tout en restant calculable à partir des données mécaniques du problème, indépendamment de la loi de distribution des vitesses, *n'aurait plus la même valeur*. (Il faudrait, pour retrouver la valeur ci-dessus, qu'il n'y eût pas de turbulence). Cette dissymétrie paradoxale, *contraire à la relativité* des vitesses, semble signifier que la turbulence n'apparaîtrait pas, si l'expérience pouvait être conforme rigoureusement aux conditions énoncées (entraînement à vitesse uniforme; le caractère illimité des plans est secondaire). En réalité, l'expérience ne consiste pas à établir entre les plateaux une différence de vitesse : le plateau immobile, et le plateau à la vitesse U, ont des *rôles physiques dissymétriques.* Le plateau dit immobile est soustrait à toute accélération; la vitesse de l'autre éprouve les petites accélérations que l'imperfection de nos mécanismes rend inévitables, et qui sont, sans doute, à l'origine de la turbulence.

Ces considérations se généralisent facilement à tous les mouvements fluides. Seulement, on ne pourra plus exprimer la fonction de dissipation au moyen des seules vitesses.

(X_e, Y_e, Z_e) étant la résultante des forces extérieures, $V(u, v, w)$ étant la vitesse en un point, Δ représentant le laplacien, et $\Sigma\, D:D$, la somme des trois déterminants fonctionnels obtenus par permutation tournante, la fonction de dissipation s'écrit, à des termes près dus à la compressibilité

$$\Phi = \mu\Delta(V^2 : 2) - 2\mu\Sigma\, D(u, v) : D(x, y) - uX_e - vY_e - wZ_e. \tag{1}$$

L'échauffement T provoqué dans le fluide se diffuse suivant

$$\Phi = -k\,\Delta T + c\rho\,(uT'_x + vT'_y + wT'_z), \tag{2}$$

en supposant négligeables les effets de la compressibilité; sinon, il suffit pratiquement de retrancher de Φ le terme $p\theta$, ce qui donnerait l'équation (2'). p est la pression, θ la dilatation, k la conductibilité, μ la viscosité, $c\rho$ la chaleur spécifique volumique du fluide.

Soit un écoulement général à une dimension, de vitesse V_0, troublée par la présence d'un obstacle peu épais; supposons le fluide incompressible, et le travail des forces extérieures, petit. Au voisinage de l'obstacle, où les effets thermiques sont les plus importants, l'équation (2) s'écrit

$$\mu\Delta(V^2 : 2) \sim -k\Delta T,$$

et il en résulte qu'en première approximation (approximation qu'on pourrait pousser), l'échauffement de l'obstacle, thermiquement isolé, est encore $\mu V_0^2 : 2k$, *quelle que soit la loi de distribution des vitesses.* Ce calcul simplifié s'applique, en particulier, aux expériences de M. Brun sur l'échauffement d'un disque en rotation rapide dans l'eau, qui l'ont *vérifié* d'une façon remarquable, tandis que la théorie de Pohlhausen donne un nombre beaucoup trop petit.

L'équation (2)' permet d'étudier l'effet, assez compliqué, de la *compressibilité. Il n'est pas possible* d'en tenir compte, comme le font tous les théoriciens, en intégrant l'équation (2) (où l'on donne à Φ l'expression classique supposée correcte) sous l'hypothèse que, hors de la couche-limite, règne dans le fluide une distribution de température déduite de la distribution des vitesses par le principe de l'arrêt adiabatique.

HYDRAULIQUE. — *Sur les battements qui accompagnent la formation des tourbillons alternés de Bénard Karmann.* Note (¹) de MM. **Max Teissié, Solier, Luis Castagnetto** et **Marcel Sabathe**, transmise par M. Charles Camichel.

L'un de nous a déjà signalé l'existence de battements, lorsque des tourbillons alternés prennent naissance dans le sillage d'un obstacle (²). Nous nous proposons d'indiquer quelques résultats intéressant les phénomènes qui accompagnent ces battements.

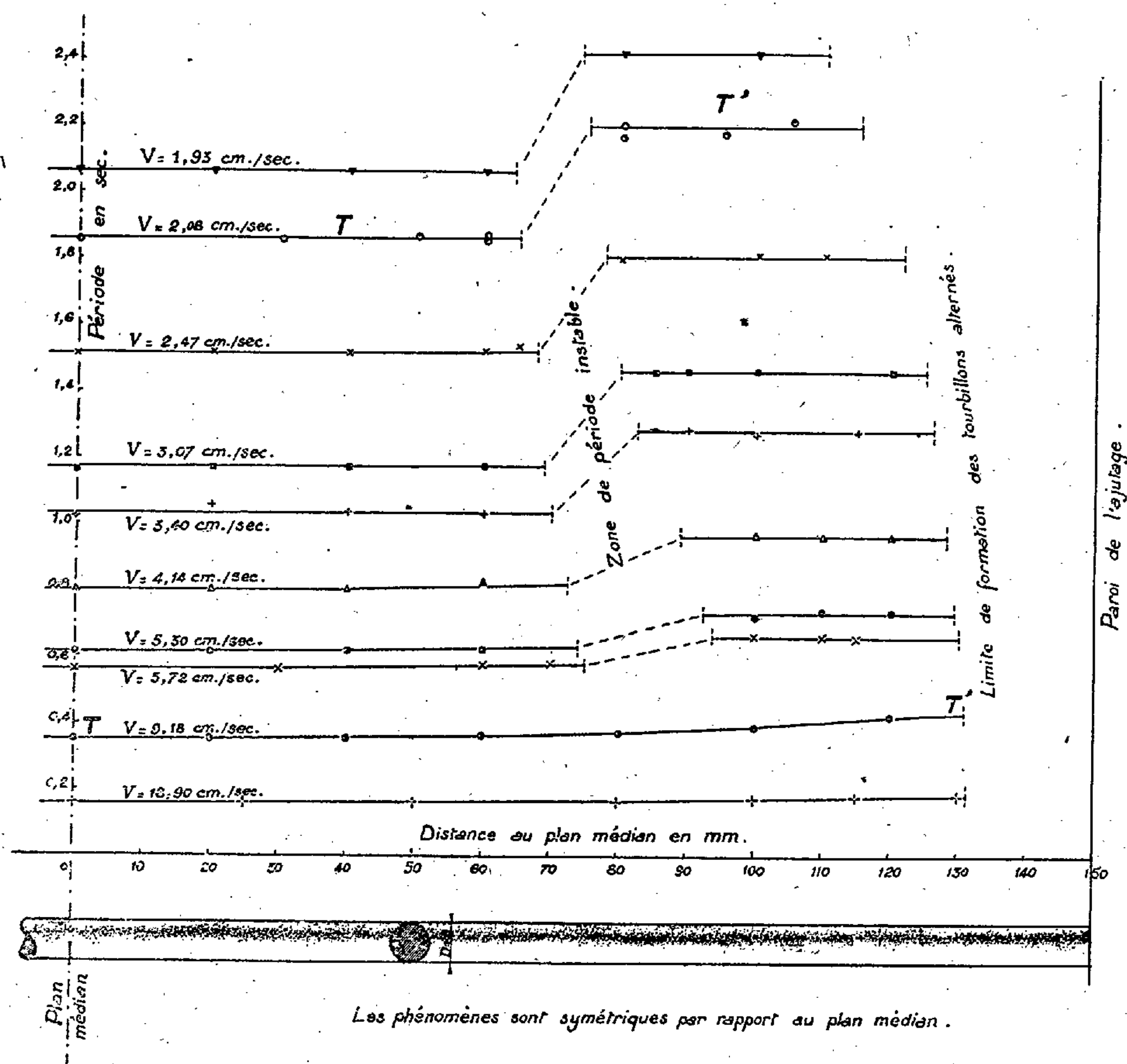
I. En plaçant un cylindre droit à base circulaire de 6^{mm} de diamètre et 300^{mm} de longueur dans un champ uniforme de vecteurs vitesses obtenu dans un ajutage à section circulaire de 300^{mm} de diamètre, et en déterminant, au-dessus du critérium, la valeur de la période de formation des tourbillons alternés dans une série de plans perpendiculaires à l'axe de l'obstacle, nous avons constaté, en régime permanent, l'existence de deux valeurs distinctes de cette période.

L'une, T, qui peut être observée dans la partie centrale de part et d'autre du plan médian sur une longueur qui, suivant la vitesse, varie de 60 à 80^{mm}.

L'autre période T', supérieure à T, qui apparaît au contraire dans les portions de l'obstacle placées à proximité des parois.

(¹) Séance du 28 juin 1937.
(²) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1509.

L'existence de ces deux périodes T et T′ est accompagnée de battements de période Θ qui prennent naissance dans la portion intermédiaire qui sépare les deux zones de périodes T et T′. Cette période Θ satisfait à la formule générale des battements, résultat qui permet d'indiquer que ces derniers sont dus à l'interférence des tourbillons de période T et T′.



Répartition des tourbillons alternés le long d'un cylindre droit à base circulaire de 6mm de diamètre.

Les phénomènes précédents sont très nets pour des périodes T variant de 3,5 à 2 secondes.

II. Dans les mêmes conditions d'observation, mais pour des périodes T plus faibles, variant de 2 secondes à 0,9 seconde environ, les deux périodes T et T′ existent toujours. Par ailleurs, les battements cessent d'être localisés dans la portion séparant les deux zones de période T′ et T

et apparaissent progressivement dans tous les plans de cette dernière, gagnant peu à peu le plan médian au fur et à mesure que l'on augmente la vitesse.

Cette propagation des battements dans tous les plans semble être provoquée par une circulation qui s'établit immédiatement à l'aval de l'obstacle, le long de ce dernier, de la paroi vers le centre. En observant cette circulation, on constate en effet qu'elle n'est pas uniforme mais périodique, la période observée étant justement de valeur T'. De plus, cette circulation, localisée d'abord aux extrémités de l'obstacle atteint progressivement le plan médian au fur et à mesure que l'on augmente la vitesse.

III. Enfin, pour des périodes dans le plan médian inférieures à 0,5 seconde, on constate le long de l'obstacle une augmentation progressive et régulière de la période depuis le plan médian jusqu'à la paroi. La période des battements perd alors sa régularité et présente successivement, pour une même vitesse, des valeurs différentes dans un même plan.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Extension du théorème de Gauss-Whittaker.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Elie Cartan.

On sait que le théorème de Gauss, relatif au flux d'un champ newtonien à travers une surface fermée, a été étendu par M. E. T. Whittaker (¹) au cas d'un ds^2 statique de Levi-Civita. Ce théorème présente en relativité plus d'intérêt encore qu'en physique classique. Car un fait important, qui apparaît dans la résolution du problème intérieur de Schwarzschild, s'y rattache étroitement : supposons qu'étant donné un champ extérieur, on cherche à meubler une partie du continium à quatre dimensions par une matière qui explique ce champ ; les régions que l'on veut meubler en masse doivent contenir des singularités du ds^2 extérieur.

M. Whittaker montre que le flux à travers une surface fermée de la force relative à un observateur au repos est égal, à un facteur constant près, à (²)

$$\iiint R_4^4 \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3,$$

(¹) *Proc. Roy. Soc. of London*, série A, **149**, 1935, p. 384.
(²) Notations de G. Darmois, *Mémorial des Sciences Mathématiques*, **25**.

l'intégrale étant étendue au volume à trois dimensions limité par la surface.

Ce théorème, qui est l'équivalent du théorème de Gauss, est susceptible de généralisations à des champs statiques du type le plus général et même à des champs non statiques. En particulier, l'intégrale

$$\iiiint R_4^4 \sqrt{-g}\, dx^1 dx^2 dx^3 dx^4,$$

étendue à un volume de l'espace-temps, peut, sous certaines conditions, être transformée en une intégrale étendue à l'hypersurface à trois dimensions qui limite ce volume.

Dans l'expression de

$$R_4^4 = g^{\alpha 4} R_{\alpha 4} = g^{\alpha 4}[\partial_\lambda \Gamma_{\alpha 4}^\lambda - \partial_\alpha \Gamma_{\lambda 4}^\lambda + \Gamma_{\lambda\mu}^\lambda \Gamma_{\alpha 4}^\mu - \Gamma_{\lambda 4}^\mu \Gamma_{\mu\alpha}^\lambda],$$

où $\partial_\alpha = \partial / \partial x^\alpha$, nous faisons apparaître la divergence de

$$f^\lambda = g^{\alpha 4} \Gamma_{\alpha 4}^\lambda - g^{\lambda 4} \Gamma_{\alpha 4}^\alpha.$$

Comme

$$R_4^4 = \partial_\lambda (g^{\alpha 4} \Gamma_{\alpha 4}^\lambda - g^{\lambda 4} \Gamma_{\alpha 4}^\alpha) + \Gamma_{\lambda\mu}^\lambda (g^{\alpha 4} \Gamma_{\alpha 4}^\mu - g^{\mu 4} \Gamma_{\alpha 4}^\alpha) + \Gamma_{\lambda\mu}^4 \Gamma_{\alpha 4}\, g^{\alpha\mu} - \Gamma_{\lambda\mu}^4 \Gamma_{\alpha 4}^\alpha g^{\lambda\mu},$$

nous sommes conduits à la formule suivante :

$$R_4^4 = \operatorname{div}(f^\lambda) - \frac{1}{2} \Gamma_{\lambda\mu}^4 \partial_4 g_{\lambda\mu}^4 - \Gamma_{\lambda\mu}^4 \Gamma_{\alpha 4}^\alpha g^{\lambda\mu}.$$

Sous certaines conditions les deux derniers termes disparaissent. Il en est ainsi dans deux cas particulièrement simples :

1° Le ds^2 est du type statique général

$$\partial_4 g^{\lambda\mu} = 0, \qquad \Gamma_{\alpha 4}^\alpha = \partial_4 \log\sqrt{-g} = 0.$$

2° Les hypothèses suivantes sont remplies :

a. Le ds^2 est conforme à un ds^2 statique général, c'est-à-dire de la forme

$$ds^2 = U(x^1, x^2, x^3, x^4) \gamma_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu,$$

les $\gamma_{\lambda\mu}$ ne dépendant que de x^1, x^2, x^3 ; il en résulte

$$\partial_4 g^{\lambda\mu} = -\frac{1}{2} \Gamma_{\alpha 4}^\alpha g^{\lambda\mu}.$$

La coordonnée x^4 a été rendue isotherme, par un changement des

1

coordonnées convenable, si bien que

$$\Gamma^{4}_{\lambda\mu} g^{\lambda\mu} = 0.$$

Pour de tels ds^2, on a donc la formule

$$\text{(A)} \quad \iiint \left[\Sigma f^{1} \frac{D(x^2, x^3, x^4)}{D(u, v, w)} \right] \sqrt{-g}\, du\, dv\, dw = \iiiint R^{4}_{4} \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4,$$

l'intégrale du premier membre étant étendue à une hypersurface à trois dimensions, l'intégrale du second membre au volume limité par cette hypersurface et u, v, w étant trois paramètres fixant la position d'un point sur l'hypersurface.

Dans le cas d'un champ statique, il est commode d'interpréter les quantités f^{λ} relativement à un observateur dont la vitesse généralisée u^{λ} est définie par les relations

$$u^{\lambda} u^{4} = g^{\lambda 4} \quad (\lambda = 1, 2, 3, 4),$$

de façon que

$$u_{\lambda} = 0 \quad (\lambda = 1, 2, 3), \qquad u^{4} u_{4} = 1.$$

Cet observateur se déplace donc, dans l'espace-temps, selon la direction conjuguée de l'hyperplan $dx^4 = 0$, c'est-à-dire perpendiculairement à l'espace. Pour cet observateur les quantités f^{λ} prennent la forme

$$f^{\lambda} = u^{4} \nabla_{4} u^{\lambda} \quad (\lambda = 1, 2, 3, 4),$$

∇ étant le symbole de dérivation covariante. Il est d'ailleurs clair que

$$f^{4} = 0.$$

Les quantités f^{λ} se réduisent (à un facteur constant près) aux composantes de la force relative à l'observateur dans le cas d'un champ statique de Levi-Civita.

Dans le cas statique, notons enfin qu'on obtient des formules analogues à la formule (A) en effectuant le changement de coordonnées qui consiste à ajouter au temps cosmique une fonction des trois coordonnées d'espace.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie quantique du diamagnétisme des combinaisons aromatiques.* Note ([1]) de M. **Fritz London**, présentée par M. Louis de Broglie.

La grande anisotropie diamagnétique des combinaisons aromatiques a été décrite déjà par plusieurs auteurs au moyen de l'hypothèse de courants diamagnétiques n'étant pas restreints, comme d'ordinaire, aux atomes individuels, mais coulant de l'un à l'autre autour des anneaux aromatiques. Nous allons donner une base quantique à cette hypothèse. Peut-être le mécanisme discuté ici aura-t-il une importance plus générale, la supraconductibilité exigeant, elle aussi, un mécanisme de courants diamagnétiques qui ne soient pas renfermés dans les atomes individuels.

Nous utiliserons la méthode d'approximation qui est appliquée dans la théorie des métaux de Bloch et qui correspond à la méthode des *orbites moléculaires* dans la théorie de la liaison chimique.

Soient $u_1, u_2, \ldots, u_k, \ldots, u_N$ les fonctions d'onde réelles de N atomes (de même espèce) isolés dont les noyaux se trouvent aux endroits $r_1, \ldots, r_k, \ldots, r_N$. Nous supposerons N pair. Sous l'influence des actions mutuelles et d'un champ magnétique l'équation d'onde s'écrit

$$(1)\qquad [\mathcal{H}\psi] \equiv \left[\frac{h^2}{8\pi^2 m}\left(\frac{\vec{\nabla}}{i} - \vec{\alpha}\right)^2 + V\right]\psi = E\psi,$$

où $\vec{\alpha}$ représente le potentiel vecteur $\vec{A}$ multiplié par $2\pi e/hc$, V l'énergie potentielle d'un électron dans le champ des ions, $V = \sum V_k$, où V_k est la contribution de l'ion k. Écrivons les solutions de (1) sous la forme

$$(2)\qquad \psi = \sum c_k e^{i(\alpha_k r)} u_k + \psi_1,$$

où $\vec{\alpha}_k$ est la valeur de $\vec{\alpha}$ au point r_k. Nous portons (2) dans (1) et obtenons

$$[\mathcal{H}\psi_1] + \sum_k c_k e^{i(\alpha_k r)} \left\{ \frac{h^2}{8\pi^2 m} [-\Delta u_k + 2i(\alpha - \alpha_k, \operatorname{grad} u_k) + (\alpha - \alpha_k)^2] u_k + V u_k \right\} = E\psi.$$

Or, l'équation

$$\frac{h^2}{8\pi^2 m} [-\Delta u_k + 2i(\alpha - \alpha_k, \operatorname{grad} u_k) + (\alpha - \alpha_k)^2] + (V_k - E_0) u_k = 0$$

([1]) Séance du 28 juin 1937.

est l'équation d'onde d'un atome isolé dans un champ magnétique dont le potentiel vecteur est normalisé de manière à exprimer que le terme linéaire en $\alpha - \alpha_k$ ne donne, en moyenne, aucune contribution à la perturbation de premier ordre. L'énergie E_0 peut donc s'écrire

$$(3) \qquad E_0 = \varepsilon - \frac{1}{2}\chi_0 H^2,$$

où χ_0 est la susceptibilité atomique et H le champ magnétique. Pour la perturbation de l'énergie, $E_1 = E - E_0$, par suite de l'interaction des atomes, on obtient, d'après la méthode habituelle, l'équation séculaire

$$(4) \qquad |V_{kl} - E_1\delta_{kl}| = 0, \qquad V_{kl} = \int u_k u_l e^{i(\alpha_k - \alpha_l, r)} \Big(\sum_{m \neq k} V_m\Big) d\tau,$$

où nous considérons les u_k comme approximativement orthogonales.

Supposons maintenant que les N atomes soient rangés aux sommets d'un polygone régulier. Comme dans la théorie de Bloch, nous ne considérons que les termes d'échange en $u_k u_{k\pm1}$, qui proviennent de la superposition des fonctions d'onde d'atomes *voisins*. Il ne reste donc que des termes $V_{k,k}$ et $V_{k,k\pm1}$ qui sont, à cause de la symétrie proposée, indépendants de k ($k = p \pm N$ est équivalent à $k = p$). Soit a la distance de deux atomes voisins. Supposons le champ magnétique uniforme et perpendiculaire au plan du polygone. En coordonnées cylindriques r, φ, z on obtient

$$(5) \qquad (\vec{\alpha}_k - \vec{\alpha}_{k+1}, \vec{r}) = H\frac{\pi e}{hc} a r \cos\Big(\frac{\varphi_k + \varphi_{k+1}}{2} - \varphi\Big).$$

Dans l'expression (4) de $V_{k,k\pm1}$ on peut faire sortir l'exponentielle de l'intégrale en remplaçant r par une moyenne convenable R qui est à peu près égale au rayon du polygone; car $\cos[(\varphi_k + \varphi_{k+1})/2 - \varphi]$ s'éloigne très peu de la valeur 1 dans le domaine d'intégration. On obtient ainsi de (4)

$$(6) \qquad V_{k,k+1} = V^*_{k,k-1} = v\, e^{\frac{\pi i e a}{hc} HR}; \qquad \text{où } v = v^* = \int u_k u_{k+1} \Big(\sum_{m \neq k} V_m\Big) d\tau.$$

De (4) résultent alors les solutions

$$(7) \qquad E_1^\rho = V_{k,k} - 2v\cos\Big(\frac{2\pi}{N}\rho + \frac{\pi e a}{hc} HR\Big) \qquad \Big[\rho = 0, \pm 1, \ldots, \pm\Big(\frac{N}{2} - 1\Big), + \frac{N}{2}\Big],$$

Pour $H = 0$ les états sont doublement dégénérés, sauf ceux pour $\rho = 0$ et $\rho = N/2$. Dans un champ magnétique, les états dégénérés se séparent proportionnellement au champ. La somme de leur énergie change avec le

carré de H et représente un *diamagnétisme* pour les états $E_1^\rho < V_{kk}$, un *paramagnétisme* pour $E_1^\rho > V_{kk}$. On obtient pour la susceptibilité χ^ρ de l'état ρ :

$$(8) \qquad \chi^\rho = -\left(\frac{\partial^2 E^\rho}{\partial H^2}\right)_{H=0} = -2\nu\left(\frac{\pi e a R}{hc}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi\rho}{N}\right) \begin{cases} < 0 & \text{pour } E_1^\rho < V_{kk}, \\ > 0 & \text{pour } E_1^\rho > V_{kk}. \end{cases}$$

Elle est donc proportionnelle à la *surface* ($\sim R^2$) bordée par la chaîne cyclique, c'est-à-dire à N^2 et non à N. Cela indique que *les courants diamagnétiques circulent autour du polygone et non autour des différents atomes.*

Or, les combinaisons aromatiques sont caractérisées par ce qu'elles contiennent 3 électrons par liaison aromatique. Bornons-nous au cas du benzène C^6H^6 avec 18 électrons extérieurs disponibles. A chaque état du groupement CH isolé correspond après couplage une série de 6 états donnée par (7). A cause du spin 12 des 18 électrons se placent dans la série la plus basse. Or, la somme des susceptibilités (8) de ces 12 électrons s'annule. Restent 6 électrons à distribuer dans la série supérieure. Ils en occupent les états les plus bas, qui sont diamagnétiques. On obtient

$$\chi = -\sum_{\rho=0,\pm 1} 2|\nu|\left(\frac{\pi e a R}{hc}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi\rho}{6}\right) = -4|\nu|\left(\frac{\pi e a R}{hc}\right)^2.$$

Le cyclohexane C^6H^{12}, au contraire, n'a que 12 électrons à distribuer, qui remplissent justement une série de 6 états et ne donnent donc, dans un champ magnétique, naissance à aucun courant annulaire résultant.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le modèle électronique de la Mécanique ondulatoire de Dirac.* Note de MM. **Th. De Donder** et **J. Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Le modèle électronique.* — Nous avons admis (¹) que la dynamique relativiste d'une particule de masse m_0 et de charge e placée dans un champ gravifique $g_{\alpha\beta}(x^1, \ldots, x^4)$, électromagnétique $\Phi_\alpha(x^1, \ldots, x^4)$ et ondulatoire $A'_\alpha(x^1, \ldots, x^4)$, $A''_\alpha(x^1, \ldots, x^4)$, $B'_\alpha(x^1, \ldots, x^4)$, $B''_\alpha(x^1, \ldots, x^4)$, est donnée par le principe variationnel

$$(1) \qquad \delta \int L\, ds = 0,$$

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1238; nous renverrons ici à cette Note en affectant d'un astérisque les numéros des formules.

où L est définie par (2*). L'équation de Jacobi relative aux équations différentielles des extrémales de (1) est (8*)

$$(2)\quad g^{\alpha\beta}\left(\frac{\partial S}{\partial x^\alpha}-\frac{e}{c}\Phi_\alpha-F_\alpha\right)\left(\frac{\partial S}{\partial x^\beta}-\frac{e}{c}\Phi_\beta-F_\beta\right)-m_0^2c^2-N=0\quad(\alpha,\beta=1,\ldots,4).$$

Les fonctions F_α et N sont définies par (3*) et (4*); alors, comme nous l'avons montré dans la Note citée, cette équation de Jacobi (2) correspond aux équations de la Mécanique ondulatoire de Dirac généralisée.

L'objet de la présente Note est de démontrer que (2) est l'équation de Jacobi relative aux équations différentielles des extrémales du principe variationnel

$$(3)\qquad \delta\int L^*\,ds=0,$$

où nous posons

$$L^*\equiv\mu W+\left(\frac{e}{c}\Phi_\alpha+F_\alpha\right)u_\alpha$$

avec

$$W\equiv\sqrt{g_{\alpha\beta}u^\alpha u^\beta}=1,\qquad u^\alpha=\frac{dx^\alpha}{ds},\qquad \mu=\sqrt{m_0^2c^2+N}.$$

Dans notre première Note, pour déduire (2) de (1), nous devions faire des hypothèses sur les potentiels A_α, B_α. En partant de (3), au contraire, ces hypothèses deviennent inutiles. Pour passer de (3) à (2), on suivra la méthode habituelle (Lagrange-Hamilton-Jacobi) de transformation des équations des extrémales de (3). On remarquera que L^* est homogène et du premier degré en u^α. Introduisons les variables p_α, conjuguées aux x^α,

$$(5)\qquad p_\alpha\equiv\frac{\partial L^*}{\partial u^\alpha}=\frac{\mu g_{\alpha\beta}u^\beta}{W}+\left(\frac{e}{c}\Phi_\alpha+F_\alpha\right).$$

On obtiendra la relation qui existe entre les p_α en remplaçant, dans $W^2-1=0$, les u^α par leurs valeurs tirées de (5); il vient ainsi

$$(6)\qquad H(x,p)\equiv g^{\alpha\beta}\left(p_\alpha-\frac{e}{c}\Phi_\alpha-F_\alpha\right)\left(p_\beta-\frac{e}{c}\Phi_\beta-F_\beta\right)-\mu^2=0.$$

Cette relation (6) devient (2) lorsqu'on substitue, aux p_α, dans (6), les dérivées $\partial S/\partial x^\alpha$.

2. *Champs gravifique et électromagnétique nuls.* — L'équation (3), avec (4), montre que, même dans un champ de Minkowski et dans un champ électromagnétique nul, la trajectoire d'un électron dans l'espace n'est plus nécessairement une ligne droite. On trouve facilement, dans un

système de coordonnées où

$$ds^2 = -(dx^1)^2 - (dx^2)^2 - (dx^3)^2 + c^2(dt)^2,$$

pour les équations différentielles des extrémales de (3),

$$(7) \qquad \frac{d\mu u_\alpha}{ds} = \frac{\partial\mu}{\partial x^\alpha} + \left(\frac{\partial F_\beta}{\partial x^\alpha} - \frac{\partial F_\alpha}{\partial x^\beta}\right) u^\beta.$$

Notons que, si les A_α, B_α sont réels, les F_α seront nuls. D'autre part, ces F_α ne dérivent pas, dans la présente théorie, d'un potentiel.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'observation de la décharge de Geissler stratifiée dans différents gaz à la pression atmosphérique.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué ([1]) que la décharge à l'air libre d'une magnéto à haute tension, reliée à un éclateur à pointes par une résistance de plusieurs milliers d'ohms, ressemble, quand la coupure de l'éclateur est suffisamment petite, à celle des tubes à vide peu poussé. Elle comporte quatre parties bien distinctes : un point anodique brillant, une colonne positive, un espace sombre, une gaine cathodique. Je me suis demandé s'il était possible, avec le montage précédent, d'observer à la pression atmosphérique tous les détails des décharges dans les tubes à vide, en particulier les stratifications dans la colonne positive.

Je n'ai pas observé ces strates dans la décharge à l'air libre entre les pointes d'un petit éclateur, même en faisant varier dans de grandes limites la résistance en série et la longueur de la coupure.

Par contre j'ai pu observer et photographier les stratifications en faisant passer la décharge dans des tubes en verre renfermant différents gaz à des pressions très voisines de 760^{mm} de mercure; les électrodes sont des tiges de nickel de 1^{mm} de diamètre, taillées en pointes.

Si le tube à décharge est bien propre et rempli d'air, on ne voit pas de stratifications dans la colonne positive, mais elles apparaissent si le tube renferme des traces de vapeurs d'essence de térébenthine. Je les ai encore observées dans l'oxyde de carbone préparé par action de l'acide sulfurique sur l'acide formique, dans le méthane impur produit par action d'eau aci-

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2244; 203, 1936, p. 1347.

dulée sur le carbure d'aluminium du commerce, dans le gaz d'éclairage. Dans ces deux derniers gaz, la décharge stratifiée est précédée ou accompagnée de phénomènes remarquables, très réguliers, dus sans doute à des réactions chimiques et qui seront décrits ailleurs. Dans tous les cas, les conditions d'observations sont : une coupure inférieure à 3^{mm}, une résistance comprise entre quelques milliers et quelques centaines de milliers d'ohms.

Si l'on observe la décharge quand la pression diminue, on voit la colonne positive se raccourcir, l'espace sombre augmenter de longueur, la gaine s'étendre de plus en plus loin sur l'électrode négative. Il y a parfaite continuité depuis les aspects observés sous la pression ordinaire jusqu'à ceux qu'on voit sous une pression de quelques centimètres de mercure.

La photographie sur plaque mobile, en même temps qu'elle prouvait la réalité du phénomène, m'a montré que la décharge commence par une étincelle disruptive faible, difficile à observer visuellement et qu'elle se continue immédiatement par la décharge Geissler stratifiée.

Pour fixer les ordres de grandeur, voici les résultats d'une mesure : tube avec air et traces d'essence de térébenthine; pression 767^{mm} de mercure; coupure $0^{mm},73$. Longueur de l'espace sombre $0^{mm},06$; quatre stratifications visibles, sensiblement équidistantes de $0^{mm},07$.

Des phénomènes analogues à ceux qui viennent d'être décrits ont été rencontrés par Toepler ([2]) dans la décharge d'un condensateur à travers la flamme d'une bougie et, plus récemment par L. Grillet ([3]) dans la décharge d'un transformateur dans la flamme d'un bunsen.

RADIATIONS. — *Action d'un champ électrique sur un isolant électrisé placé dans l'air; ionisation de ce dernier.* Note de M. **Frantz Perrier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un diélectrique serré entre deux plateaux métalliques présente, lorsqu'il est soumis à une différence de potentiel qu'on modifie, supprime ou inverse, des phénomènes électriques complexes qui s'expliquent très bien à l'aide des deux hypothèses suivantes : le diélectrique est conducteur et sa polarisation à hystérésis est régie par le principe de superposition.

([2]) D'après J. J. Thomson, *Conduction of Electricity through Gases*, 2e éd., p. 570.
([3]) *Bull. Soc. Scient. de Bretagne*, 13, 1935, p. 243.

M. Reboul [1] a montré que ces hypothèses étaient insuffisantes pour expliquer le comportement d'un diélectrique *électrisé* placé entre deux plateaux métalliques dont l'un était au contact du diélectrique tandis que l'autre ne le touchait pas. Les expériences de M. Reboul consistaient à étudier l'action sur l'électromètre de l'isolant, puis au bout de quelques minutes à imposer un champ électrique. L'action sur l'électromètre varie brusquement et l'expérience montre très nettement que la nouvelle courbe ne se raccorde pas *à la limite* à la courbe de décharge en l'absence de champ. La présente Note est le résumé d'expériences entreprises pour reprendre et approfondir l'étude précédente dont les résultats ont été contestés par M. Eichenberger [2].

I. La première condition imposée consiste à obtenir une action régulière du diélectrique : j'y suis parvenu avec des lames d'ambre en maintenant leur surface soigneusement propre et sèche par lavages à l'alcool absolu. Dans ces conditions un frottement léger suffit à électriser la lame et, en la faisant glisser une seule fois sur une étoffe de soie, on lui communique une électrisation notable, régulière et presque reproductible. Si l'on prend soin dans le dispositif déjà décrit [3] de placer vers le haut *la seule face électrisée,* la variation du courant mesuré à l'électromètre se traduit par une courbe que l'on peut extrapoler avec une assez grande précision.

Afin d'obtenir sous l'action du champ électrique des courants comparables à ceux que donne l'électrisation seule, j'ai été amené à utiliser des différences de potentiel assez élevées (640 volts par exemple).

Mais alors les résidus persistent un temps si long que j'ai dû renoncer à la comparaison à la limite que faisait M. Reboul et opérer de la façon suivante : le dispositif restant toujours le même, on étudie : 1° la variation avec le temps du courant dû à l'action du champ sur le diélectrique non électrisé (appelons *courbe* 1 le résultat graphique de cette étude); 2° le courant produit par le diélectrique électrisé entre plateaux au sol (*courbe* 2), puis (*courbe* 3), les courants produits par le même diélectrique à partir du moment où l'on applique le champ. Si le principe de superposition suffisait à expliquer l'expérience, la *courbe* 3 s'obtiendrait en ajoutant aux ordonnées de la *courbe* 2 *prolongée*, les ordonnées de la *courbe* 1 tracée à partir du

(1) *Journal de Physique,* 7e série, 5, 1934 p. 332.
(2) *Helv. Phys. Acta,* 9, p. 467.
(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1174.

moment où l'on applique le champ. Réciproquement si l'on retranche les ordonnées de la courbe 1 des ordonnées de la courbe 3, on obtiendra une nouvelle courbe (*courbe* 4) *qui prolongera la courbe* 2 *si le principe de superposition explique l'expérience*. Or, on obtient par exemple les valeurs suivantes :

Temps (minutes)	0.	1.	2.	3	...	5.	...	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	...	20.
Courbe.																	
1......	–	–	–	–	–	–	–	–	–	333	188	130	114	97	85	...	54
2......	2465	666	353	214	...	125	...	68	...	–	–	–	–	–	–	...	–
3......	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1500	500	333	268	220	183	...	136
4......	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1167	312	203	154	123	98	...	82

Au temps 10, on établit 640 volts. Les courants sont exprimés en déplacements du spot pendant 30 secondes, une unité vaut 6.10^{-15} ampères.

Il n'est pas même besoin de reporter les points sur un graphique pour constater que les points de la courbe 4 ne prolongent pas du tout la courbe 2. Nos hypothèses étaient les suivantes : *a*. le principe de superposition est applicable; *b*. l'air qui surmonte le diélectrique n'a d'autre rôle que de transmettre (comme ferait le vide) les actions électrostatiques. Comme l'a fait M. Reboul il faut donc rejeter cette deuxième hypothèse et admettre que l'air avoisinant le diélectrique joue un rôle actif dans sa décharge : l'excès des ordonnées de la courbe 4 sur les ordonnées de la courbe 2 prolongée mesurerait un courant d'ionisation dû au diélectrique lui-même.

II. On pourrait évidemment essayer de conserver la deuxième hypothèse et chercher par quoi il faudrait dans ce cas remplacer le principe de superposition pour avoir une explication correcte. Comme dans un diélectrique, électrisé ou non, on ne peut guère concevoir que des déplacements de charges électriques ou des différences d'orientation des doublets électriques, cette façon d'aborder le problème obligerait à supposer une loi différente pour les divers cas d'expériences électrostatiques que le principe de superposition permet d'interpréter. D'ailleurs l'*expérience directe* suivante montre que faire intervenir l'air est plus qu'un procédé de calcul. Un diélectrique placé sous la cloche d'une machine pneumatique perd, durant les *quelques secondes* nécessaires à abaisser la pression à 1^{cm} de mercure, beaucoup plus de sa charge qu'il n'en perd *en quelques semaines à la pression atmosphérique*. On peut d'ailleurs suivre cette perte de charge en fonction de la pression, soit qualitativement, dans l'obscurité, où l'on aperçoit des lueurs qui l'accompagnent, soit de façon plus précise en plaçant sous la cloche, le diélectrique sur le plateau d'un électromètre à décharges;

sans discuter ici ces dernières mesures, les faits observés montrent de façon irréfutable, et *indépendamment de toute hypothèse*, l'action importante que joue l'air dans la décharge des diélectriques solides.

RADIATIONS. — *Sur un compteur universel.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le compteur de Geiger-Müller est devenu l'instrument essentiel de la nouvelle Physique, mais on sait combien la réalisation de tubes ayant les qualités de véritables appareils de mesure rencontre de difficultés, aussi bien dans le domaine des rayons cosmiques que dans celui de la photo-électricité. En outre, les compteurs offrant de longs paliers exigent des tensions d'alimentation élevées, excédant 1000 volts, ce qui rend leur emploi difficile, en particulier pour la mesure des rayons cosmiques au moyen de ballons-sondes.

Au cours de recherches effectuées en vue d'utiliser le relais de Richter et Geffcken (1) (tube au néon à trois électrodes), comme compteur auto-amplifiant, nous avons reconnu que ce tube pouvait, grâce au montage proposé par Neher et Harper (2) pour les compteurs de Geiger, constituer un compteur universel, applicable aussi bien aux rayons cosmiques qu'aux rayons X ou γ, aux électrons et à la lumière. Ce résultat, analogue à celui obtenu par Gisolf (3) avec des lampes d'éclairage au néon irradiées par des rayons β, semble devoir simplifier considérablement la technique des compteurs.

L'électrode d'allumage du tube de Richter et Geffcken est reliée à la plaque d'une penthode, dont les résistances de grille et de plaque ne dépassent pas quelques mégohms. La tension d'amorçage du relais étant voisine de 200 volts, l'ensemble fonctionne sous la tension de plaque de la penthode, soit 300 volts. Un haut-parleur directement introduit dans le circuit de plaque accuse, sans amplification, la fréquence des chocs, qui varie de quelques unités par minute, dans le cas des rayons cosmiques, à plusieurs milliers dans le cas de la lumière.

La sensibilité du système aux rayons cosmiques est la même que celle

---

(1) *Zeit. f. Phys.*, **12**, 1926, p. 601.
(2) *Phys. Rev.*, **49**, 1936, p. 940.
(3) *Physica*, **4**, 1937, p. 69.

de bons compteurs Geiger-Müller, établis selon la technique de Cosyns et munis d'une cathode tubulaire en graphite, soit deux coups par centimètre carré de section et par minute. Dans le cas d'une source plus intense, de rayons X ou de rayons γ, l'intensité du rayonnement est directement mesurée par un microampèremètre amorti (o — 5o μA), inséré dans le circuit de plaque.

Ceci suggère une méthode remarquablement simple de mesure de l'intensité des rayons cosmiques par ballon-sonde, en enregistrant (sur un tambour enfumé ou par la photographie), la position de l'aiguille équilibrée d'un microampèremètre. L'appareil, comprenant un unique tube au néon et une seule penthode, fonctionnant avec une pile de moins de 3oo volts, constitue un ensemble robuste et simple, particulièrement léger. Pour cet usage, une lampe au néon spéciale, à faible tension d'amorçage (9o volts), munie d'une cathode tubulaire et d'une anode filiforme axiale, est en cours de réalisation.

Le fonctionnement en photo-compteur est également très stable. De faibles éclairements peuvent être directement mesurés par le courant moyen accusé par le microampèremètre. On réalise ainsi une cellule à grand rendement dont la réponse pourrait être aisément amplifiée. La cellule, de même construction que le tube précédent, doit être remplie de gaz rare sous une pression de quelques centimètres de mercure, mille fois plus grande que dans les cellules usuelles.

Ce compteur universel semble en outre, par ses avantages, devoir faciliter l'application si difficile des photo-compteurs à la mesure des faibles éclairements, en particulier en Astrophysique.

OPTIQUE. — *Sur les filtres de Christiansen.*
Note de M. **Georges Ahier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Une cuve à faces parallèles contenant une poudre transparente, mêlée à un liquide de même indice, constitue un filtre de Christiansen : d'un faisceau parallèle hétérochrome la cuve ne laisse passer qu'une bande lumineuse étroite présentant une densité optique minima σ_0 pour une radiation moyenne λ_0. Nous appelons largeur l de cette bande la différence des deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2, situées de part et d'autre de λ_0, pour lesquelles la densité optique est $\sigma_0 + 1$. Si l'on désigne par n_s et n_l les indices usuels du solide et du liquide, il est aisé de démontrer qu'en première approxi-

mation

$$l = \frac{n_0}{\left(\frac{dn_l}{d\lambda}\right)_0 - \left(\frac{dn_s}{d\lambda}\right)_0} \psi,$$

où ψ est un coefficient indépendant de la longueur d'onde λ et fonction seulement des dimensions de l'appareil, dont il exprime l'efficacité. Pour la radiation λ_0, $n_l = n_s = n_0$. Le dénominateur variant rapidement avec λ, on comprend que l'on soit obligé, pour obtenir des bandes étroites, d'employer des mélanges différents pour les différentes régions spectrales. Selon ces régions j'ai dû modifier la source lumineuse et différentes parties de l'appareil : disposition et nature des lentilles, distance du spectroscope à la cuve. A chaque dispositif correspond une valeur de coefficient caractéristique ψ que l'on a intérêt à rendre aussi faible que possible et qui permet de comparer les différents types d'appareils.

Afin d'obtenir des bandes étroites et de faibles densités, on est amené à utiliser des liquides dont la transparence est excellente et dont la dispersion diffère autant que possible de celle du solide. D'autre part, le coefficient de dilatation du liquide doit être faible pour que les variations de température influent peu sur la position de la bande (¹); jusqu'ici on employait des liquides organiques, tels que le benzoate de méthyle, qui ne remplissent nullement ces conditions. Étudiant un grand nombre de liquides, j'ai été conduit à adopter principalement des solutions aqueuses qu'il suffit de diluer pour placer la bande de transmission dans telle région spectrale que l'on désire : dans l'ultraviolet, au-dessous de 3000 Å, la question n'avait pas encore été étudiée en raison de la difficulté que l'on a à trouver des liquides à la fois transparents et suffisamment dispersifs. J'ai dû chercher un compromis et les mélanges convenables sont donnés dans le tableau suivant :

		l (en Å).	σ_0.	Ψ.
De 0,70 μ à 0,57 μ	I^4HgK^2 aq. + flint lourd $n_D = 1,72$	100 à 50	0,8 à 1,4	0,0008
De 0,57 à 0,50	I^4HgK^2 aq. + crown $n_D = 1,62$	125 à 60	0,5 à 0,6	0,0017
De 0,50 à 0,40	Br^4HgBa aq. + crown $n_D = 1,62$	100 à 300	0,3 à 0,6	0,0018
De 0,40 à 0,357	Antipyrine et aminocrotonate d'éthyle + crown	50 à 20	0,3 à 1,3	0,0020
De 0,357 à 0,325	Antipyrine aq. + quartz fondu	125 à 20	0,9 à 1,3	0,0020
De 0,325 à 0,27	Br^2Hg aq. + quartz fondu	83 à 35	0,5 à 1,4	–
De 0,27 à 0,23	Cl^2Li aq. + quartz fondu	45 à 15	0,16 à 1,3	–
De 0,27 à 0,23	Eau sucrée + quartz fondu	230 à 50	1,1 à 1,5	0,0020
De 0,23 à 0,205	PO^4H^3 aq. + fluorine	200 à 50	0,9 à 1,5	–

(¹) AHIER, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1775.

Dans le spectre visible, les solides transparents généralement utilisés sont des verres, que je dois à l'obligeance de la société Parra-Mantois. Dans l'ultraviolet, j'ai utilisé du quartz fondu de bonne qualité et de la fluorine.

On peut diminuer beaucoup la largeur de la bande en rendant le faisceau lumineux aussi parallèle que possible. On parvient à ce résultat sans augmenter l'encombrement de l'appareil par l'emploi d'un téléobjectif dont la distance focale est égale à 2^m et dont l'encombrement est le quart de celui d'une lentille équivalente. De la sorte, on peut obtenir, dans le spectre visible, des bandes de 2 à 12 Å de largeur avec des densités variant de 1,2 à 0,6.

SPECTROSCOPIE. — *Structure fine de la bande* 5998,9 *de l'oxyde azotique.* Note de MM. **Casimir Jausseran**, **Léon Grillet** et **Michel Duffieux**, présentée par M. Aimé Cotton.

Deux d'entre nous ont déjà signalé l'existence de cette bande [1], et donné un schéma de sa structure de rotation [2]. La dispersion la plus forte qui avait été employée restait encore insuffisante pour résoudre les termes de la structure de rotation : ceux-ci paraissaient être des triplets, mais aucun n'était nettement résolu.

Nous avons pu obtenir un cliché plus dispersé en utilisant un réseau concave de Rowland de 82360 traits. En montage stigmatique, muni d'un collimateur dioptrique de $3^m,50$ de focale, ce réseau donne, en spectre de second ordre, dans la région 6000, une dispersion de 2,261 Å par millimètre. L'ouverture numérique primitive du réseau qui était équivalente à une ouverture circulaire de diamètre $f/38$ a été amenée à $f/9,5$ au moyen d'une lentille cylindrique de 12,5 dioptries placée en avant de la plaque (2). En donnant à la fente la largeur maxima conservant une bonne définition des raies, nous avons pu obtenir en 15 heures un cliché contenant 22 termes de la suite P et 23 termes de la suite R.

La suite P est composée de triplets parfaitement distincts partout où l'intensité est suffisante : du terme 4 au terme 25 compris. Ces triplets, dissymétriques au début de la suite, deviennent progressivement symé-

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1338.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 937.

triques. La composante centrale est d'intensité nettement supérieure aux intensités des composantes latérales qui paraissent égales. Les trois composantes ont toujours la même finesse. Si l'intensité supérieure de la composante centrale est due à la superposition de deux composantes non séparées, leur distance est certainement très inférieure à la dissymétrie du triplet, moins de 0,1 fréquence/centimètre. Les termes de la suite R sont aussi des triplets, mais les trois composantes ne sont simultanément distinctes dans aucun terme. Les trois composantes sont en effet superposées du terme 11 au terme 20. Jusqu'au terme 10, on distingue deux raies : l'une fine qui est une composante latérale, l'autre dissymétrique et d'intensité anormalement élevée qui résulte de la fusion de la composante centrale et de l'autre composante latérale. Dans les derniers termes on distingue de nouveau l'une des composantes latérales. L'intensité, l'évolution de la dissymétrie des raies résultant de la fusion des composantes, les écarts systématiques de leurs fréquences d'avec celle que l'on peut calculer en prolongeant dans la suite R les trois branches de la suite P, confirment sans ambiguïté l'identité de structure des deux suites. Les trois branches de R, numérotées dans l'ordre des fréquences croissantes de leurs raies nulles, ont trois points d'intersection : Les branches 1 et 2 se coupent vers le terme 20, les branches 2 et 3 vers le terme 13, les branches 1 et 3 vers le terme 16.

Les trois branches des deux suites peuvent être représentées en fonction des numéros d'ordre des termes par les formules

(1) $16669,15 - 3,944\,m - 0,00829\,m^2$,

(2) $16669,75 - 3,913\,m - 0,00807\,m^2$,

(3) $16670,15 - 3,879\,m - 0,00772\,m^2$.

Nous avons retrouvé au voisinage des raies nulles les groupes de raies floues et faibles que nous avions signalés comme pouvant être des branches Q. Certains de ces groupes coïncident en effet très sensiblement avec les premiers termes de suite Q dont les fréquences seraient les moyennes des fréquences des termes P et R de même ordre. Dans cette région où le premier groupe positif de N^2 introduit d'ailleurs des groupes de raies d'intensité comparable, l'identification est incertaine et la coïncidence peut être fortuite.

Quoique l'examen d'une seule bande ne permette pas de conclusion certaine sur la nature des états initial et final, nous croyons pouvoir affirmer que la bande 5998,9 n'a aucun rapport avec les états 2Σ connus de la molécule NO neutre, malgré la coïncidence remarquable des moments

d'inertie. Sa structure fine les exclut. L'existence de triplets s'accorde au contraire avec l'attribution, que nous avons déjà proposée, à la molécule NO ionisée.

RADIOACTIVITÉ. — *Étude des coefficients de fractionnement de sels possédant plusieurs hydrates.* Note de M. **Bertrand Goldschmidt**, présentée par M. Paul Langevin.

L'acétate de baryum se dépose de ses solutions aqueuses saturées sous trois formes ([1]) : jusqu'à 25° le trihydrate, de 25° à 41° le monohydrate, à 41° la solubilité atteint un maximum au delà duquel se présente le sel anhydre.

Il m'a paru intéressant d'étudier le comportement du radium dans la cristallisation de solutions d'acétate de baryum radifère à diverses températures.

J'ai opéré dans des conditions analogues à celles indiquées dans un travail précédent ([2]) : grande quantité de sel dissous, solution faiblement sursaturée, formation lente d'un cristal unique; j'ai utilisé l'actinium X (isotope du radium), à une concentration AcX/Ba d'environ 10^{-9}; les prises d'essai étaient transformées en carbonate et mesurées par leur rayonnement β en une chambre d'ionisation reliée à un électromètre Compton.

Le rapport λ de la teneur en actinium X du sel cristallisé à la teneur en actinium X du sel dissous a été ainsi mesuré à diverses températures.

La précision des mesures est d'environ 2 à 3 pour 100.

Les valeurs obtenues montrent qu'il y a partout appauvrissement du cristal en actinium X ($\lambda < 1$) et que cet appauvrissement a des valeurs nettement différentes dans les trois domaines de cristallisation considérés.

Les variations du coefficient de fractionnement avec la température sont faibles dans les trois cas et il a été difficile de déterminer avec certitude le sens de celles-ci pour les deux hydrates en raison des domaines de stabilité relativement restreints de ceux-ci.

Les cristaux sont environ quatre fois moins riches en actinium X que la solution pour le trihydrate, deux fois et demi pour le monohydrate et assez voisins de leur eau mère pour le sel anhydride.

Le coefficient de fractionnement est donc fonction de l'état d'hydrata-

---

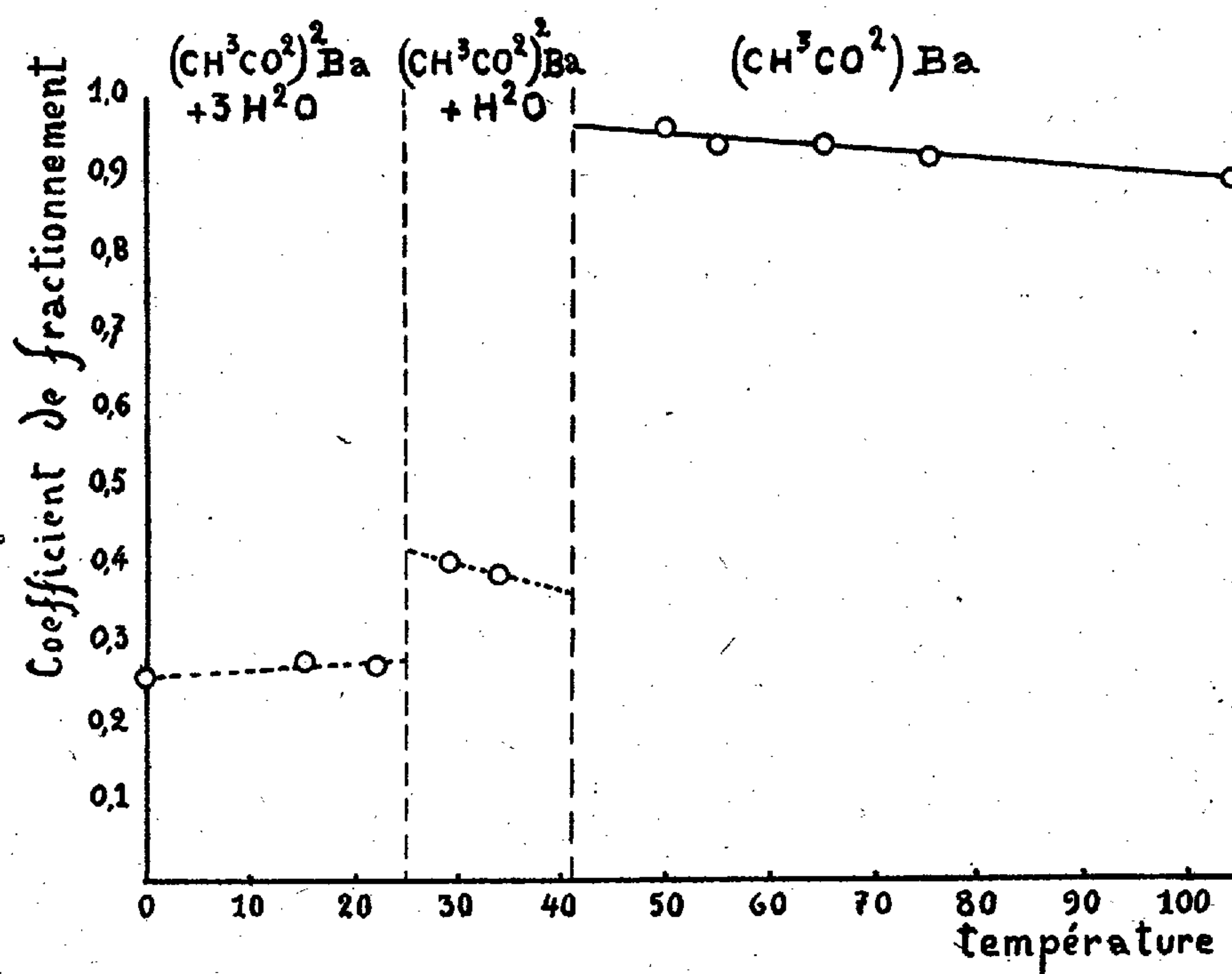
([1]) J. Walker et W. A. Fiffe, *J. Chem. Soc.*, 83, 1903, p. 173.

([2]) B. Goldschmidt, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 617.

tion du sel considéré et présente de brusques variations au point de transition de deux hydrates, tandis que la solubilité du sel y est la même pour ces deux hydrates.

Un autre cas m'a permis de vérifier ce résultat : la cristallisation du nitrate de strontium en présence de trace de nitrate de plomb (thorium B : isotope indicateur).

A une température voisine mais inférieure à 32°, le nitrate de strontium cristallise avec 4 molécules d'eau, hydrate qui n'existe pas pour le



nitrate de plomb, l'ion plomb entre pourtant dans l'édifice hydraté avec un coefficient de fractionnement voisin de 0,7. Au-dessus de 32° le nitrate de strontium cristallise anhydre, isomorphe du sel de plomb, et le coefficient passe brusquement à 3,4.

Dans ce cas, la discontinuité est encore plus nette que pour les acétates de baryum/radium, puisque l'on passe d'un appauvrissement à un enrichissement du cristal en thorium B.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équation de solubilité d'un corps pur formant une combinaison solide avec le solvant.* Note de M. **Jean Perreu**.

L'équilibre d'un hydrate solide avec sa solution aqueuse et la vapeur du solvant s'exprime, comme je l'ai montré, par l'équation différentielle (1)

$$503\,\frac{C}{1-sC}\,\frac{q_C}{T^2}-\left(\frac{\partial \log p}{\partial c}\right)_T\frac{dC}{dT}=0. \tag{1}$$

Cette relation peut être étendue au cas général d'un corps pur A qui se dépose à partir de sa solution saturée dans le solvant pur B, sous forme de produit d'addition A.*s*B. Dans ces conditions, C représente le nombre de molgs du corps A par molg de solvant, en solution saturée à T°, et *p* est la tension de vapeur des solutions voisines de la saturation, à la même température.

J'ai vérifié cette équation pour le système iodure de sodium-acétone, dont le diagramme de solubilité a été déterminé par Macy et Thomas (2), et par Bell, Rowlands, Thomas et Jones (3). La solubilité de l'iodure croît avec la température jusqu'à 25°,7 (2); la solution saturée laisse déposer par refroidissement le triacétonate $INa.3CH^3CO.CH^3$. Au-dessus de 25°,7, quand la température croît, la solubilité du sel diminue et il se dépose des cristaux d'iodure, INa.

Solubilité du triacétonate ($INa.3CH^3COCH^3$) *à* 25°. — Ce composé d'addition a été obtenu en grosses aiguilles prismatiques, par évaporation très lente d'une solution saturée, vers 18°; les cristaux formés sont biréfringents et se dissocient assez rapidement à l'air libre, en dégageant des vapeurs d'acétone.

D'après les données des auteurs ci-dessus, on a

$$C_{25^\circ}=0,1541,\qquad \frac{dC}{dT_{25^\circ}}=0,0076.$$

Les mesures calorimétriques que j'ai effectuées à 25° m'ont donné

$$q_0=-4^{\text{cal}},35;\qquad L_C=2^{\text{cal}},45;\qquad a_C=0^{\text{cal}},20.$$

La chaleur de dissolution limite q_C est donc égale à -7^{cal}.

---

(1) *Thèse*, Paris, 1936, p. 24.

(2) *Jour. Amer. Chem. Soc.*, **48**, 1926, p. 1547.

(3) *Jour. Chem. Soc.*, **135**, 1930, p. 1928.

J'ai déterminé à 25° la tension de vapeur des solutions en fonction de leur concentration; la tension du solvant pur a été trouvée égale à $229^{mm},6$ de mercure; la mesure directe de la différence des tensions du solvant pur et des solutions, en colonne de mercure, à l'aide du tensimètre précédemment décrit ([1]), m'a donné les résultats suivants :

Concentrations C	0,00512.	0,0760.	0,0803.	0,1164.	0,1201.	0,1576.
Δp (millimètres de mercure)	10,5	15,0	16,5	24	24,9	36,05
p »	219,1	214,6	213,1	205,6	204,7	193,55

On a par suite, au voisinage de la saturation,

$$\left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_{25^\circ} = -1,49.$$

La relation (1) donne $q_{C\,calc} = -7^{cal},05$; l'écart observé est inférieur à 1 pour 100.

Solubilité de l'iodure INa *à* 27°. — Elle est représentée par l'équation de solubilité des sels anhydres ([1])

$$(2) \qquad 503\,\frac{C.q'_C}{T^2} - \left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_T \frac{dC}{dT} = 0.$$

On a

$$C_{27^\circ} = 0,1568; \qquad \frac{dC}{dT}_{(27^\circ)} = -0,00203.$$

Le sel pur cristallisé INa a été obtenu par évaporation, à l'étuve, vers 150°, de la solution saturée. J'ai trouvé, vers 27°, les valeurs calorimétriques suivantes :

$$q'_0 = 6^{cal},78; \qquad L'_C = 2^{cal},40; \qquad a'_C = 0^{cal},36.$$

D'où $q'_C = 4^{cal},02$.

Des mesures tonométriques m'ont donné, à 27°, les résultats ci-dessous :

Concentrations c	0(solv.pur).	0,0402.	0,0730.	0,0781.	0,1140.	0,1423.	0,1458.	0,1560.
Δp mm de mercure		9,7	16,5	17,2	26,2	34,0	35,9	39,8
p »	250	240,3	233,5	232,8	223,8	216,0	214,1	210,2

D'où l'on déduit, au voisinage de la saturation, $(\partial \log p/\partial c)_{27^\circ} = -1,75$.

L'équation (2) donne $q'_C = 4^{cal},04$; la différence trouvée n'atteint pas 1 pour 100.

Cas du point de transition (25°,7). — On a la relation ([1])

$$(3) \qquad \frac{1}{1-sC}\cdot\frac{q_C}{q'_C} = \frac{\tang a}{\tang b},$$

([1]) *Thèse*, Paris, 1936, p. 107, 26, 29.

dans laquelle tang$a$ et tang$b$ sont les pentes des courbes de solubilité du triacétonate et du sel INa, au point anguleux considéré.

On a

$$C_{25°,7} = 0,1595;\quad q_C = -7^{cal},1;\quad q'_C = 3^{cal},9;$$
$$\tang a = 0,0077;\quad \tang b = -0,0021.$$

Les deux membres de l'équation (3) sont respectivement égaux à $-3,49$ et $-3,66$; ils diffèrent de 4,7 pour 100 environ.

Cet ensemble de résultats fournit par suite un contrôle acceptable de la loi de solubilité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la lumière sur le phénomène de Liesegang.* Note de MM. **Martial-Félix Taboury** et **Marcel Bellot**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action de la lumière sur le phénomène de Liesegang a donné lieu à un certain nombre de travaux; les résultats obtenus sont contradictoires : pour certains auteurs, la lumière s'oppose à la formation de précipités rythmiques alors que pour d'autres elle permet d'en obtenir. Nous nous sommes proposé d'étudier l'action de la lumière sur la précipitation rythmique de chromate d'argent au sein d'un gel d'agar-agar.

Préparation du gel. — *a*. Parmi les impuretés que contient l'agar-agar, on trouve des sulfates en quantité relativement importante. Comme ceux-ci s'opposent au phénomène de Liesegang, l'agar-agar doit être purifié par lavage à l'eau distillée. Le produit obtenu est alors dissous dans l'eau chaude. La pseudo-solution qui contient des débris cellulosiques, est filtrée à chaud. Le filtrat, recueilli dans des capsules plates, est mis à l'étuve. On obtient alors des pellicules transparentes d'agar-agar *filtrée* qui se dissolvent sans résidu dans l'eau chaude.

b. Composition du gel :

Agar-agar filtré $0^g,1$ pour 10^{cm^3} de gel; bichromate de potassium $1,5 \times 10^{-2}$ molaire bromure de potassium 1×10^{-3} molaire.

Le bromure a pour but de permettre la précipitation rythmique, car, si avec ou sans bromure, l'agar brut ne donne pas d'anneaux dans les plaques ou de strates dans les tubes, l'agar lavé n'en donne qu'en présence de bromure.

c. Le bichromate et le bromure sont chauffés au bain-marie, la pseudo-

solution est faite à part et le mélange est effectué à la lumière rouge de la chambre photographique. La coulée se fait, soit dans des tubes de verre de $0^{cm},5$ à 1^{cm} de diamètre et d'une dizaine de centimètres de longueur, soit entre deux plaques de verre séparées par quatre cales de $0^{cm},04$ d'épaisseur disposées aux angles (la plaque supérieure est percée, en son centre, d'un trou par lequel on fait écouler la solution d'agar bichromaté au moyen d'un tube effilé). La gélification se produit par refroidissement. Les tubes sont bouchés et les plaques paraffinées sur leur pourtour pour éviter la dessiccation du gel. Tubes et plaques sont conservés à l'obscurité.

Diffusion. — La solution mise à diffuser est une solution de nitrate d'argent à 30 pour 100 (1,76 molaire). Dans le cas des tubes, 1 à 2^{cm^3} de cette solution sont versés sur le gel. Pour les plaques, on place sur le trou central un tube de verre de 1 à 2^{cm} de hauteur et autant de largeur, épais, dont la base est rodée. L'étanchéité est assurée par une couche de vaseline. Le nitrate est versé dans ce tube.

Action de la lumière. — L'utilisation de la lumière du jour et la diffusion pendant l'irradiation compliquant beaucoup l'étude du phénomène, nous nous sommes bornés à étudier l'action d'une irradiation préalable du gel par la lumière artificielle. Dans ce but, le gel bichromaté était exposé à la lumière d'une lampe électrique pendant des durées plus ou moins longues et la diffusion avait toujours lieu à l'obscurité. Un ballon dans lequel circulait un courant d'eau était placé entre la lampe et la préparation : celle-ci était ainsi soustraite à la chaleur dégagée par la lampe et restait à une température sensiblement constante; de plus, le ballon d'eau jouait le rôle de lentille condensatrice. L'intervalle des radiations utilisées s'étendait de 4000 à 7000 Å. Nous avons vérifié que les radiations infrarouges que laisse passer l'eau n'ont aucune action sur le phénomène.

De l'ensemble des résultats de nos expériences nous avons pu conclure :

1° *qu'une irradiation convenable du gel favorisait la formation d'anneaux (plaques) ou de strates (tubes) et qu'une irradiation plus longue provoquait leur disparition;*

2° *que c'est la lumière absorbée par le gel qui produit ce phénomène* (en gros de la *lumière bleue*, le gel étant coloré en jaune par le bichromate) : en effet, entre le ballon et la préparation était placée, soit une solution de bichromate (longueurs d'onde transmises : de 4960 à 7000 Å), soit de l'eau céleste (longueurs d'onde transmises : de 4000 à 4960 Å); dans le premier cas, nous n'avons observé aucune action; dans le second, le phénomène était identique à celui que l'on obtient avec la lumière blanche;

3° que, toutes choses égales d'ailleurs, ce phénomène était accéléré en utilisant une lampe électrique plus puissante et retardé en éloignant la préparation de la source lumineuse.

Incidemment, nous avons remarqué que l'action de la lumière sur le gel n'a pas pour effet de le rendre insoluble comme dans le cas de la gélatine.

De plus, *une exposition, même longue, à la lumière ne provoque pas la précipitation périodique dans les gels d'agar lavé privés de bromure.*

Vérification d'une loi de Jablczynski. — Nous avons étudié la loi empirique de Jablczynski $(R_{n+1} - R_n)/(R_n - R_{n-1}) = q$ reliant les rayons des anneaux ou les distances à une origine quelconque des strates de rangs $n-1$, n, $n+1$, q étant constant pour une plaque ou un tube donné. Comme l'erreur sur q peut être considérable par suite de l'erreur commise dans la mesure des rayons et de la petitesse des différences $R_{n+1} - R_n$, $R_n - R_{n-1}$, nous avons utilisé une forme dérivée de la relation précédente

$$\frac{R_n - R_2}{R_{n-1} - R_1} = q.$$

Le calcul d'erreurs donne $dq/q = 4\,dR_n/(R_{n-1} - R_1)$, q est légèrement supérieur à l'unité. Nous avons pris $dq = 0,04$. On peut alors connaître la valeur de $R_{n-1} - R_1$. A partir du rang correspondant, nous avons trouvé que la valeur de q était à peu près constante pour les plaques et les tubes. Nous n'avons pu voir si q variait quand le nombre d'anneaux ou de strates était très grand : nos expériences ne nous fournissaient qu'une dizaine d'anneaux ou de strates utilisables.

MÉTALLURGIE. — *Sur l'oxydation des bronzes de glucinium.* Note (1) de M. **Haldun N. Terem.**

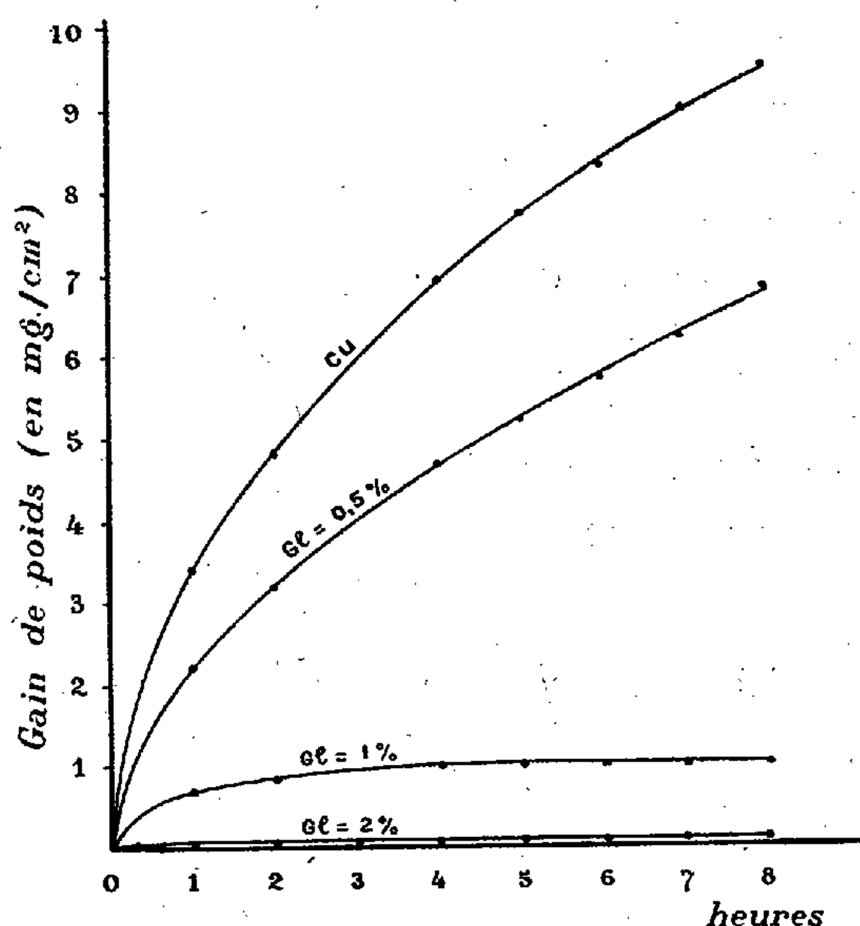
Parallèlement à nos essais de corrosion des bronzes de glucinium en milieu liquide (2), nous nous étions proposé d'étudier la corrosion de ces alliages en phase gazeuse, à haute température. La présente Note donne quelques résultats sur l'oxydation des bronzes de glucinium, à des températures variant de 610 à 910°.

Nous avons utilisé une méthode pondérale continue, consistant dans

(1) Séance du 28 juin 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1426.

l'emploi d'un four vertical muni d'un tube laboratoire en silice dans lequel plongeait, sans frottement, l'échantillon suspendu à l'un des plateaux d'une balance à compensation hydrostatique de Guichard (³). La température du four était constante à ± 10° près, le dispositif de chauffage et de régulation étant celui déjà utilisé par Lombard (⁴) et Valensi (⁵).



La teneur en glucinium des alliages étudiés variait de 0,5 à 10 pour 100. Les échantillons étaient filiformes, sauf les bronzes à 5 et 10 pour 100, qui, trop durs pour être étirés, furent employés sous forme de plaquettes. Ces derniers alliages, très peu oxydables, nous obligèrent aussi à abandonner, pour certaines températures, la méthode continue, pour des pesées directes, plus précises. Les courbes ci-dessus donnent une idée sur l'oxydation des bronzes de glucinium à 830°. Elles concernent les alliages de 0,5 à 2 pour 100, celle du cuivre, obtenue par détermination directe, servant de terme de comparaison.

Pour les alliages à plus fortes teneurs (5 et 10 pour 100), le gain de poids est de l'ordre de $0^{mg},1$ par centimètre carré, au bout d'une semaine de chauffage à 710°.

(³) *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 39, 1926, p. 1113.
(⁴) *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 39, 1926, p. 948.
(⁵) *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 3, 1936, p. 1405.

L'étude générale de l'oxydation de ces alliages à différentes températures montre que :

1° Le phénomène n'obéit pas à la loi parabolique de Pilling et Bedworth ([6]).

2° L'addition de très faibles quantités de glucinium au cuivre suffit pour diminuer considérablement l'oxydation de ce dernier. Les alliages à 2 pour 100 et au-dessus sont pratiquement inoxydables. Des essais comparatifs faits avec un acier à 12,5 pour 100 de chrome, spécialement fabriqué pour résister à l'oxydation à haute température, montrent que cet acier est quatre fois plus oxydable que le bronze à 2 pour 100 de glucinium (le plus intéressant au point de vue industriel), à 610° et qu'il s'oxyde comme ce dernier à 810°.

3° L'alliage à 2 pour 100 de glucinium semble s'oxyder un peu moins que les bronzes à teneur plus haute, ce qui indiquerait un léger minimum pour la courbe représentant l'oxydation des alliages étudiés.

4° Les alliages à 0,5 et 1 pour 100 de glucinium se recouvrent d'une couche d'oxydes noirs, tandis que les échantillons à 2 pour 100 et au-dessus gardent jusqu'à 710° à peu près leur couleur primitive, en se recouvrant d'une très légère couche de glucine. Ils brunissent néanmoins à partir de 810°. La couche de glucine formée a une action retardatrice sur l'attaque de ces alliages par l'acide nitrique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à la séparation de l'ion phosphorique et à son dosage par voie volumétrique.* Note de MM. **Eugène Cattelain** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

J. Bougault et E. Cattelain ([1]) ont indiqué un procédé de séparation de l'ion phosphorique à l'état de phosphate triplombique, en présence du manganèse, du magnésium et des métaux alcalino-terreux, c'est-à-dire des éléments dont les phosphates sont insolubles en milieu neutre.

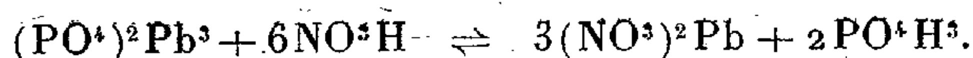
La présente Note a pour objet de décrire une méthode de dosage volumétrique de l'ion phosphorique basée sur ce mode de séparation et résume les premiers résultats d'une série de recherches.

A. Principe. — L'ion phosphorique est d'abord précipité quantitati-

([6]) *J. Inst. of Met.*, 1, 1923, p. 529.

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1093.

vement en liqueur faiblement acétique à l'état de phosphate triplombique $(PO^4)^2Pb^3$, pratiquement insoluble dans l'eau (un litre d'eau distillée, à $+20°$, dissout $0^{mg},135$ de ce sel). Après séparation par centrifugation puis lavage, le sel plombique est dissous dans un excès d'acide azotique dilué, ce qui donne lieu à la réaction équilibrée



$$(PO^4)^2Pb^3 + 6NO^3H \rightleftharpoons 3(NO^3)^2Pb + 2PO^4H^3.$$

La solution acide est additionnée d'un excès d'acide sulfurique dilué, afin de rompre l'équilibre précédent par précipitation du plomb à l'état de sulfate et pour libérer l'intégralité de l'acide phosphorique. On procède alors à un titrage acidimétrique par addition d'une solution titrée de soude ajoutée jusqu'à virage, d'abord de l'hélianthine, puis de la phénolphtaléine.

La quantité de solution titrée de soude nécessaire pour faire virer l'hélianthine correspond à l'acide azotique total, à l'excès d'acide sulfurique et à l'acide phosphorique total (première acidité). Le volume de solution titrée de soude ajoutée après virage de l'hélianthine jusqu'à virage de la phénolphtaléine correspond uniquement à l'acide phosphorique total (deuxième acidité) et, par suite, à elle seule, cette dernière détermination permet de calculer la quantité d'acide phosphorique contenue dans la prise d'essai : 1^{cm^3} de solution de soude $n/10$ correspond à $0^g,0098$ d'acide phosphorique PO^4H^3 et à $0^g,04055$ de phosphate triplombique $(PO^4)^2Pb^3$ $(PM = 811)$.

Acides utilisés : acide azotique n ou $2n$ et acide sulfurique n *Solutions de soude utilisées :* solution n jusqu'à l'obtention du premier virage (hélianthine), puis, afin d'augmenter la précision du dosage, solution de soude $n/10$ pour déterminer l'acidité phosphorique (phénolphtaléine).

B. PRÉPARATION DU PHOSPHATE TRIPLOMBIQUE. — Afin d'obtenir du phosphate triplombique absolument exempt de phosphates mono- et diplombique, nous avons utilisé la technique d'Alders et Sthälers (²), qui consiste essentiellement à verser un excès d'une solution bouillante faiblement acétique d'acétate neutre de plomb dans une solution bouillante de phosphate disodique :



$$2PO^4Na^2H + 3(CH^3COO)^2Pb = (PO^4)^2Pb^3 + 4CH^3COONa + 2CH^3COOH.$$

Le lavage a été effectué, par décantation, avec de l'eau distillée *chaude*

(²) *Ber. d. chem. Gesells.*, 42, 1909, p. 2263.

et poursuivi jusqu'à ce que les eaux de lavage ne fournissent plus aucune réaction du plomb et du sodium. La dessiccation a été effectuée à 100°. Nous avons vérifié, par l'analyse centésimale, la pureté du sel obtenu, entièrement exempt de phosphates primaire et secondaire et ne retenant, par adsorption, aucune trace de phosphate alcalin :

Calculé (pour 100).......	$PbO = 82{,}49$	$P^2O^5 = 17{,}51$	$H^2O = 0$
Trouvé (pour 100).......	» 82,45	» 17,48	» 0,08

C. Vérification de la méthode. — 1° *Phosphate triplombique.* — $0^g{,}4055$ de phosphate triplombique ont été dissous dans 10^{cm^3} d'acide azotique *n*; la solution a été additionnée de 5^{cm^3} d'acide sulfurique *n*, puis, en présence d'une goutte d'hélianthine, d'une solution de soude *n* jusqu'à virage de l'indicateur au *jaune franc*. On a utilisé 13^{cm^3} de liqueur titrée, soit, acide azotique, 10^{cm^3}; acide sulfurique libre, 2^{cm^3}; acide phosphorique libéré (première acidité), 1^{cm^3}.

Le titrage de l'acide phosphorique a été effectué en présence de 5 gouttes de phénolphtaléine, au moyen d'une solution de soude $n/10$ ajoutée jusqu'à virage au *rose foncé*. On a utilisé 10^{cm^3} de liqueur titrée, c'est-à-dire un volume correspondant exactement à $0^g{,}4055$ de phosphate triplombique.

2° *Phosphate disodique.* — 20^{cm^3} d'une solution renfermant $0^g{,}3484$ de phosphate disodique $PO^4Na^2H, 12H^2O$ ont été chauffés à une température voisine de l'ébullition et additionnés de 5^{cm^3} d'une solution acétique bouillante d'acétate neutre de plomb $(CH^3COO)^2Pb, 3H^2O$ (acétate neutre de plomb, $0^g{,}500$; acide acétique, 10 gouttes; eau distillée, q. s. pour 5^{cm^3}). Le précipité centrifugé a été dissous, après lavage à l'eau distillée chaude, dans 5^{cm^3} d'acide azotique $2n$ et la solution additionnée de 5^{cm^3} d'acide sulfurique *n*. Le titrage a été poursuivi comme précédemment.

On a utilisé 10^{cm^3} de solution de soude $n/10$, c'est-à-dire un volume correspondant exactement à $0^g{,}3484$ de phosphate disodique à 12^{mol} d'eau.

3° *Phosphate tricalcique.* — $0^g{,}155$ de phosphate tricalcique (P.M = 310) rigoureusement pur ont été dissous par addition ménagée d'acide chlorhydrique dilué; la solution, complétée au volume de 20^{cm^3}, a été additionnée goutte à goutte d'abord d'ammoniaque jusqu'à formation d'un précipité ne disparaissant plus par agitation, puis d'acide chlorhydrique dilué en quantité strictement suffisante pour dissoudre le précipité. Le pH de la solution a été alors amené au voisinage de 3 par addition, goutte à goutte, d'une solution d'acétate d'ammonium à 10 pour 100, en présence de violet de méthyle

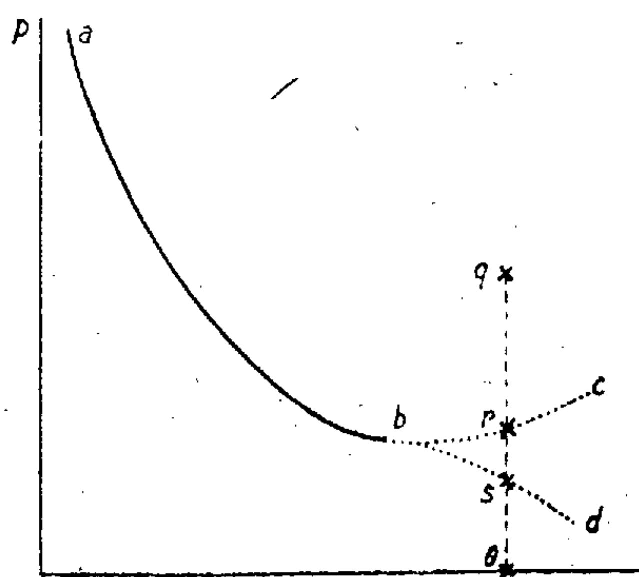
comme indicateur. La précipitation du phosphate triplombique et le titrage de l'ion phosphorique ont été effectués comme précédemment.

On a utilisé 10^{cm^3} de solution de soude $n/10$, soit un volume correspondant exactement à $0^g,155$ de phosphate tricalcique.

En résumé, la méthode de titrage volumétrique de l'ion phosphorique qui vient d'être décrite est simple, rapide et précise. Nous montrerons dans un autre Recueil qu'elle est susceptible d'applications diverses et nombreuses, en particulier dans le domaine de la Chimie biologique et de la Chimie agricole.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'inflammation de l'acétaldéhyde.* Note (¹) de MM. Jean Baron et Paul Laffitte.

Nous avons déterminé les températures d'inflammation spontanée de divers mélanges ternaires acétaldéhyde-oxygène-azote, argon ou gaz carbonique, dans un *pyromètre* cylindrique en verre pyrex de 120^{mm} de longueur et 20^{mm} de diamètre intérieur. Les courbes *température d'inflamma-*

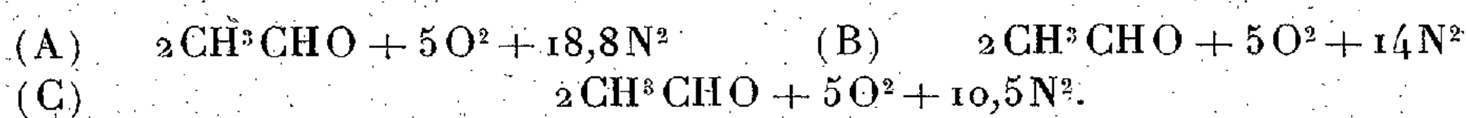


tion-pression ont l'allure *ab* ci-contre. Les flammes, toujours bleues, sont d'autant plus violentes au point d'inflammation que la pression est plus élevée, ce qui a limité nos expériences aux pressions inférieures à 400^{mm} de mercure. Aux basses pressions les flammes sont pâles et de plus en plus difficiles à observer; aussi la courbe ne peut être déterminée avec précision au delà d'un certain point *b*. Ensuite on observe pour des pressions relativement élevées (en *q* par exemple) des flammes nettes et rapides qui,

(¹) Séance du 28 juin 1937.

lorsqu'on abaisse la pression, deviennent (en un point r) brusquement très floues et enfin s'estompent de plus en plus jusqu'en un point s, mal déterminé, et où elles disparaissent complètement. Le changement d'aspect des flammes en r est d'autant moins discontinu que la température θ est plus élevée, et au-dessus d'une certaine valeur de celle-ci (toujours inférieure à 350°) on passe insensiblement de la flamme nette à la flamme floue.

1. Nous avons déterminé les domaines d'inflammation des mélanges



(A) $2CH^3CHO + 5O^2 + 18,8N^2$ (B) $2CH^3CHO + 5O^2 + 14N^2$
(C) $2CH^3CHO + 5O^2 + 10,5N^2$.

Nous en avons déduit l'influence de l'azote sur la température d'inflammation (t°C.) du mélange stœchiométrique. Les résultats sont reproduits dans le tableau suivant où p_A, p_O et p_N désignent respectivement les pressions partielles (mm. Hg) de l'aldéhyde, de l'oxygène et de l'azote :

$p_A + p_O = 60^{mm}$	p_N(mm)........	161	120	90
	t°C.............	290,5	294	300,5
$p_A + p_O = 80$	p_N(mm)........	214,8	160	120
	t°C.............	278	281	284
$p_A + p_O = 100$	p_N(mm)........	268,5	200	150
	t°C.............	271	273,5	275
$p_A + p_O = 120$	p_N(mm)........	322	240	180
	t°C.............	265,5	267	268

On voit qu'une *addition d'azote* à un mélange donné d'aldéhyde et d'oxygène *abaisse le point d'inflammation* (conformément à la théorie des réactions en chaîne).

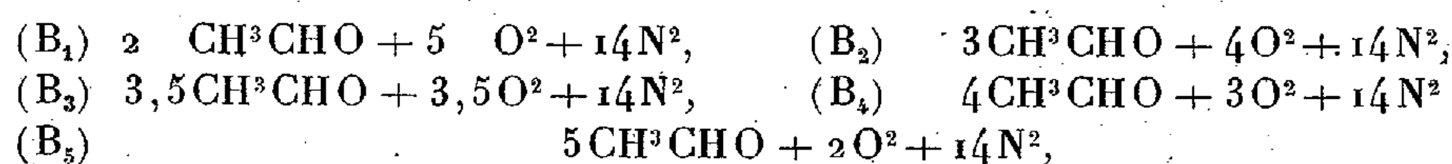
2. Nous avons étudié comparativement l'influence des trois gaz inertes, azote, argon et gaz carbonique, en remplaçant les 14 molécules d'azote du mélange B précité par un nombre égal de molécules soit de gaz carbonique, soit d'argon. Les résultats obtenus sont les suivants sous différentes pressions totales (p mm) :

	p (mm)...........	400.	340.	300.	250.	200.	150.
t°C.	N^2........	265,5	270	274	280,5	289	305,5
	CO^2........	265	269,5	273,5	280	288,5	304,5
	A.........	-	261	265	271	278	289,5

Le gaz carbonique donne des points d'inflammation très légèrement inférieurs à ceux de l'azote; mais avec l'argon l'abaissement est plus sensible. Les flammes observées ont à peu près le même aspect avec CO^2

qu'avec N^2. Mais avec l'argon elles sont plus pâles, quoique plus violentes au point d'inflammation.

3. Le tableau suivant montre l'influence du rapport p_0/p_A dans les mélanges



(B_1) 2 $CH^3CHO + 5\ O^2 + 14N^2$, (B_2) $3CH^3CHO + 4O^2 + 14N^2$,
(B_3) $3,5CH^3CHO + 3,5O^2 + 14N^2$, ($B_4$) $4CH^3CHO + 3O^2 + 14N^2$
(B_5) $5CH^3CHO + 2O^2 + 14N^2$,

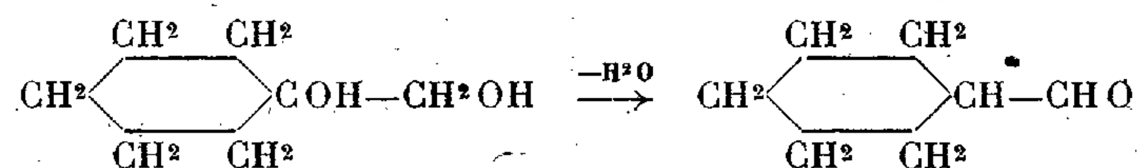
sous diverses pressions totales (p mm Hg) :

	p (mm)...	400.	350.	300.	250.	200.	150.
t^0 C.	B_1.......	265	268,5	273,5	280	288,5	304,5
	B_2.......	247	251	255	261,5	269	278,5
	B_3.......	245,5	249,5	254	259,5	265,5	278
	B_4.......	242	246	251	256,5	263	274
	B_5.......	244	247	251	257	265,5	281,5

Ainsi, lorsque p_N a une valeur constante, si l'on augmente le rapport p_A/p_0, la température d'inflammation décroît d'abord très nettement, et croît ensuite très légèrement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation de l'oxyde de méthylène cyclohexane en hexahydrobenzaldéhyde et désamination de l'aminoalcool correspondant en cycloheptanone.* Note de MM. **Marc Tiffeneau**, **Paul Weill** et **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Auguste Béhal.

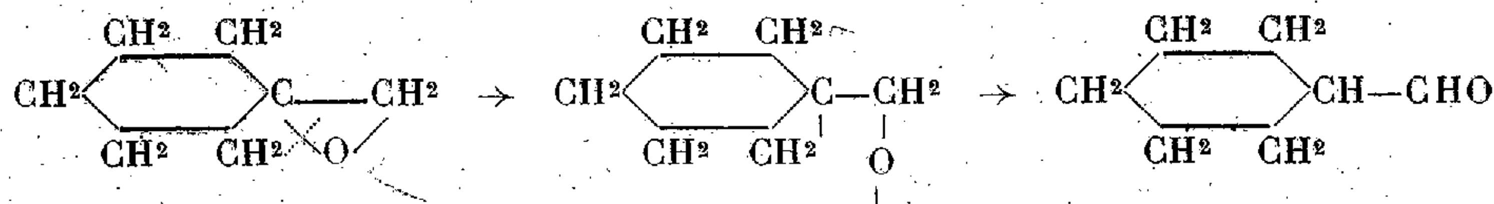
Wallach a montré [1] que la déshydratation des glycols primaires-tertiaires obtenus par oxydation permanganique des carbures méthylène cyclaniques conduit normalement aux aldéhydes cyclanylformiques probablement par déshydratation vinylique; c'est ainsi que le méthylol-1 cyclohexanol-1 fournit l'hexahydrobenzaldéhyde



Nous avons constaté qu'il en est de même dans l'isomérisation de

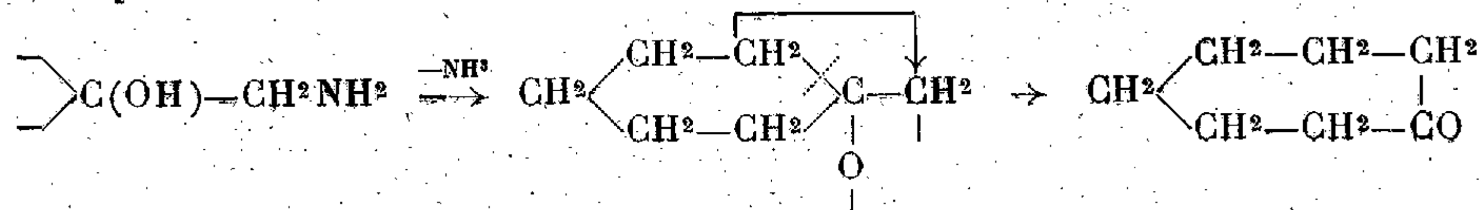
(1) Wallach et Israël, *Lieb. Ann.*, 347, 1906, p. 333.

l'époxyde correspondant, par rupture de l'oxygène époxydique du côté du carbone le plus substitué et par migration d'un atome d'hydrogène



Il était intéressant de tenter de réaliser le système intermédiaire inverse, celui dans lequel l'atome d'oxygène reste attaché au carbone tertiaire, en vue d'obtenir la formation de cycloheptanone par transposition du type semipinacolique; nous avons à cet effet fait varier les agents d'isomérisation et même tenté de préparer l'halohydrine $C^6H^{10}(OH)-CH^2Cl$, mais celle que nous avons préparée par diverses méthodes répondait à la formule $C^6H^{10}Cl-CH^2OH$.

Nous nous sommes alors adressés à l'aminoalcool qu'on obtient en faisant agir NH^3 sur l'époxyde ci-dessus. Par désamination nitreuse cet aminoalcool conduit à la cycloheptanone. Il y a donc eu, comme on pouvait le prévoir, transposition semi-pinacolique avec rupture du cycle et passage au cycle supérieur



De tels accroissements de cycle ont déjà été signalés non seulement par déshydratation des glycols juxtanucléaires (²) ou par isomérisation de certains époxydes (³) (formation de cyclanones), mais aussi par désamination nitreuse d'amines cyclaniques (⁴) (formation de cyclanols).

1° *Isomérisation de l'oxyde de méthylène cyclohexane.* — Cet époxyde a été préparé par oxydation perbenzoïque du méthylène cyclohexane (Eb. 103-104°) obtenu lui-même d'après les indications de Wallach.

L'isomérisation a été réalisée par chauffage, soit vers 100° en présence de Cl^2Zn, soit à la température d'ébullition de l'éther en faisant agir l'éthérate Br^2Mg, $(C^2H^5)^2O$ et en distillant finalement l'éther. Dans les

---

(²) Tarbouriech, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 75; Meerwein, *Lieb. Ann.*, **396**, 1913, p. 200; **419**, 1919, p. 121; Godchot et Cauquil, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 733.

(³) Tiffeneau, Weill, Gutman et Tchoubar, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 277.

(⁴) Wallach, *Lieb. Ann.*, **353**, 1907, p. 325.

deux conditions on obtient comme unique produit l'hexahydrobenzaldéhyde $C^6H^{11}CHO$ (Eb. 155°, semicarbazone 176°).

2° *Désamination nitreuse de l'aminométho-1 cyclohexanol-1.* — Cet amino-alcool (Eb_{16} : 106°; HCl, F. 205°) s'obtient en chauffant l'époxyde ci-dessus en tube scellé avec un grand excès d'ammoniaque aqueuse concentrée. Il se fait secondairement dans cette réaction des dérivés aminés secondaires et tertiaires qu'on sépare grâce à l'insolubilité de leurs chlorhydrates en milieu aqueux acide, alors que le chlorhydrate du dérivé aminé primaire est soluble.

La désamination s'effectue à 0° par simple addition d'un soluté aqueux de nitrite de sodium (25 pour 100) à un soluté de l'aminoalcool dans l'acide acétique dilué au quart. La réaction se poursuit ensuite à la température ordinaire jusqu'à cessation du dégagement gazeux. Il se forme une huile qu'on extrait par l'éther et qu'on traite par la semicarbazide. La semicarbazone obtenue (F. 163°) a été identifiée avec la semicarbazone de la cycloheptanone obtenue à partir de l'acide subérique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode particulier de réarrangement intramoléculaire.* Note de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. Auguste Béhal.

J'ai déjà signalé (¹) que le bromure de benzhydryltriméthylammonium, chauffé en présence d'un alcool se décompose, avec rupture de sa liaison —C—N—, en donnant naissance à un éther-oxyde mixte du benzhydrol et à du bromhydrate de triméthylamine



$$(C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^3Br + CH^3.OH = (C^6H^5)^2CH - O - CH^3 + (CH^3)^3N, BrH.$$

Cette observation m'a conduit à étudier le comportement, sous diverses conditions, de l'hydroxyde $(C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^3OH$ correspondant à ce bromure.

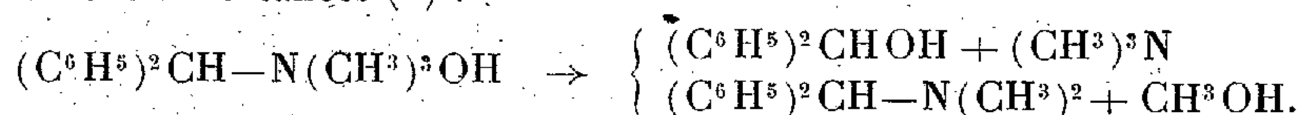
Les hydroxydes d'ammoniums quaternaires se décomposent, comme on sait, à chaud, en se dissociant; cette transformation semblait devoir se produire de façon aisée dans le cas envisagé.

L'hydroxyde de benzhydryltriméthylammonium est obtenu en laissant, pendant un temps suffisant, la solution aqueuse du bromure en contact avec un excès d'oxyde

(¹) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1149; *ibid.* 180, 1924, p. 76.

d'argent. La liqueur filtrée est ensuite placée sous un appareil distillatoire dont le vase récepteur est relié à des tubes absorbants garnis de ClH dilué. On élève graduellement la température. Des vapeurs alcalines commencent à se dégager vers 85°, puis la plus grande partie de l'eau distille, et entre 130 et 150°, l'hydroxyde se décompose de façon plus active. L'opération est terminée en quelques heures.

Les contenus du ballon distillatoire et des tubes absorbants sont, alors, analysés. On peut y caractériser comme produit neutre, le benzhydrol (accompagné de deux produits de formation secondaire, son oxyde $[(C^6H^5)^2CH]^2O$ et son éther méthylique $[(C^6H^5)^2CH-O-CH^3]$, et, comme produits basiques, la triméthylamine et la N—diméthylbenzhydrylamine qui, en dehors de CH^3OH non caractérisé, résultent de deux décompositions simultanées [2] :



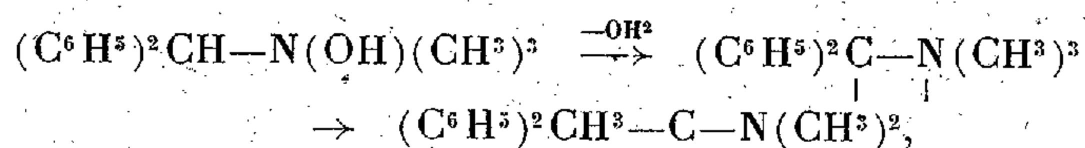
$$(C^6H^5)^2CH-N(CH^3)^3OH \rightarrow \begin{cases} (C^6H^5)^2CHOH + (CH^3)^3N \\ (C^6H^5)^2CH-N(CH^3)^2 + CH^3OH. \end{cases}$$

On trouve en plus une petite quantité d'une base liquide $C^{16}H^{19}N$ qui, d'après sa formule, ne peut résulter de l'hydroxyde de benzhydryltriméthylammonium $C^{16}H^{21}NO$ que par perte d'une molécule d'eau.

Je me suis attaché à la préparation et à l'étude de cette amine. Il me sembla, en raison de la manière dont elle dérive de l'hydroxyde, qu'il y aurait avantage à la produire en dehors de la présence de l'eau. Une solution aqueuse d'hydroxyde fut donc soumise à l'évaporation à sec dans le vide sulfurique; elle fournit ainsi un résidu visqueux peu stable. Si l'on remplace, en effet, SO^4H^2 par P^2O^5 et qu'on expose au soleil la cloche à vide où l'on opère, on voit l'hydroxyde se boursoufler, perdre de l'eau et laisser suinter une substance huileuse dont la quantité augmente jusqu'à disparition de la plus grande partie de l'hydroxyde.

L'huile séparée est recueillie; elle est constituée par l'amine $C^{16}H^{19}N$ à peu près pure, liquide incolore $Eb_{33} = 189$-$190°$, donnant, parmi d'autres dérivés caractéristiques, un *iodométhylate* f. 224-225°, un *iodéthylate* f. 167°, un *iodallylate* f. 135°; elle ne réagit pas sur NO^2H, ce qui la caractérise comme amine tertiaire.

La formule de structure de l'hydroxyde de benzhydryltriméthylammonium permettait d'envisager une déshydratation entraînant un réarrangement avec transfert d'un groupe CH^3 :



$$(C^6H^5)^2CH-N(OH)(CH^3)^3 \xrightarrow{-OH^2} (C^6H^5)^2C-N(CH^3)^3$$
$$\rightarrow (C^6H^5)^2CH^3-C-N(CH^3)^2,$$

ce qui eût conduit à la formation du diméthylamino-1-diphényl-1.1-éthane. Mais ce dernier composé, dont j'ai déjà effectué la synthèse [3], est un solide f. 44-44°,5 qui se détruit au contact de CH^3I.

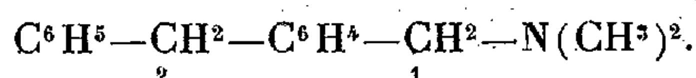
La dégradation de l'amine $C^{16}H^{19}N$ a montré qu'elle répond à la constitution du

---

(2) Ces résultats sont voisins de ceux obtenus récemment par D. Hughes et C. K. Ingold, *Journ. of Chem. Soc.*, 1933, p. 69.

(3) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 302.

dérivé N-*diméthylé de l'orthobenzylbenzylamine*



$$C^6H^5-\underset{2}{CH^2}-C^6H^4-\underset{1}{CH^2}-N(CH^3)^2.$$

Soumise, en effet, à l'ébullition avec $(CH^3-CO)^2O$ elle donne naissance à un *ester acétique* liquide $\text{Éb}_{23} = 205°$, en même temps que son azote se retrouve sous forme d'acétyldiméthylamine $CH^3-CO.N(CH^3)^2$, ce qui démontre la présence du groupe $-N(CH^3)^2$ dans sa constitution. La saponification de cet ester conduit à un *alcool* $\text{Éb}_{19} = 197\text{-}199°$ donnant une *phényluréthane* f. 77°. Cet alcool est primaire; l'oxydation acétochromique, à froid le transforme, avec bon rendement, en un *acide* f. 116-117° dont l'amide fond à 164-165°,5. Cet acide a été identifié avec l'acide orthobenzylbenzoïque.

La suite des transformations a donc été : amine $C^{16}H^{19}N$ → ester acétique de l'alcool orthobenzylbenzylique → alcool orthobenzylbenzylique → acide orthobenzylbenzoïque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les d- et l-bornéolglucosides.* Note de MM. **Werner Lipschitz** et **Ernst Büding**, présentée par M. Auguste Béhal.

Ayant eu besoin de *d*-bornéolglucoside pour des recherches biologiques, nous l'avons préparé par la méthode de E. Fischer et K. Raske (¹). Le tétracétylbornéolglucoside fut obtenu en agitant l'acétobromoglucose (²) dissous dans l'éther anhydre avec du carbonate d'argent fraîchement préparé et desséché, en présence d'un excès de *d*-bornéol pur pulvérisé. Après saponification des groupes acétylés par une solution de baryte *n* 0,4 à 60° pendant 1 heure, suivie de l'élimination du baryum par CO^2, nous avons, suivant les indications de Fischer et Raske, obtenu avec le même rendement le *d*-bornéolglucoside. Toutefois, ni les points de fusion ni la rotation spécifique de ces deux corps ne correspondaient à ceux décrits par ces auteurs. Pour rechercher la cause de cette divergence, nous avons préparé, d'après la même méthode, le *l*-bornéoltétracétylglucoside et le *l*-bornéolglucoside, ce qui réussit sans difficultés. Le point de fusion et la rotation de ces deux substances étaient proches de ceux indiqués par Fischer et Raske. Les auteurs avaient donc préparé des substances impures au point

---

(¹) *Ber d. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 1465.

(²) E. Fischer et K. Bergman, *Ber. d. chem. Ges.*, 50, 1917, p. 711. Notre acétobromoglucose présentait les caractères suivants : P. F. 87-89°; $(\alpha)_D^{20} = +195°,5$ dans le chloroforme.

de vue optique, parce qu'ils avaient sans doute utilisé, au lieu de *d*-bornéol, son isomère lévogyre contenant une certaine quantité de *d*-bornéol.

1° *d-bornéolglucoside*. — Le *d*-bornéol utilisé a été caractérisé par son pouvoir rotatoire

$$[\alpha]_D^{20} = + \frac{2,80 \times 10}{0,8196 \times 0,9451} = + 36°,2 \quad \text{(alcool à 95 pour 100).}$$

d-bornéol-tétracétylglucoside. — P.F. 131°,5 (corr.) au lieu de 119°-120° (Fischer et Raske),

$$[\alpha]_D^{21} = - \frac{1,565 \times 1,2561}{0,891 \times 0,1052} = - 20°,9 \quad \text{(benzène).}$$

Dosage des groupes acétylés : 10^{cm^3} $(OH)^2Ba$ décinormale furent ajoutés à $0^g,09275$ de substance dissous dans $2^{cm^3},5$ d'alcool chaud. Après 19 heures $14^{cm^3},85$ de $(OH)^2Ba\,n/20$ furent neutralisés (indicateur phénolphtaléine). Valeur calculée pour 4 groupes acétylés : $15^{cm^3},30$.

d-bornéol-β-glucoside. — P. F. 154°-155° (corr.) après suintement à 151° (Fischer et Raske avaient indiqué 134°-136°).

Rotation de la substance desséchée à l'air :

$$[\alpha]_D^{21} = - \frac{1,11 \times 1,1025}{0,83 \times 0,0975} = - 15,2 \quad \text{(alcool).}$$

Rotation après dessiccation dans le vide sur P^2O^5 à 100° :

$$[\alpha]_D^{21} = - \frac{1,19 \times 1,0355}{0,827 \times 0,0936} = - 15°,9.$$

La substance ainsi desséchée fut utilisée pour l'analyse élémentaire; $31^{mg},4$ de la substance donnaient $69^{mg},9$ de CO^2 et $24^{mg},5$ de H^2O. Calculé pour $C^{16}H^{28}O^6$ (P. M., 316,21); C, 60,72; H, 8,92 pour 100. Trouvé : C, 60,71; H, 8,73 pour 100.

Eau de cristallisation, calculée pour un H^2O par molécule : 5,4 pour 100 alors que Fischer et Raske ont trouvé 4,54 pour 100. Les auteurs expliquaient cette divergence par l'hypothèse que leur substance s'était trouvée trop longtemps dans le dessiccateur. Mais nous avons trouvé que la substance fraîchement cristallisée dans l'eau avait, après dessiccation exclusive à l'air, presque la même teneur en eau : 4,35 et 4,25 pour 100. Même après dessiccation de la substance à l'air pendant une heure seulement, suivie d'un séjour dans une atmosphère saturée d'eau (à 20°), pendant quatre jours, nous avons trouvé une teneur en eau de 4,3 pour 100 (dessiccation dans le vide sur l'anhydride phosphorique à 138° jusqu'à poids constant).

2° *l-bornéolglucoside*. — Le *l*-bornéol utilisé a été caractérisé par son pouvoir rotatoire

$$[\alpha]_D^{20} = - \frac{3,00 \times 10}{0,8266 \times 0,9956} = - 36°,7 \quad \text{(alcool),}$$

l-bornéol-tétracétyl-glucoside : P. F. 118-119°,5 (corr.), suintement à 114°,5.

$$[\alpha]_D^{21} = -\frac{3,995 \times 1,1446}{0,892 \times 0,0974} = -52°,7 \text{ (benzène)}.$$

Dosage des groupes acétylés 10^{cm^3} $(OH)^2Ba$ *n*/10 furent ajoutés à $0^g,0918$ dissous dans $2^{cm^3},5$ d'alcool chaud. Après 19 heures, $14^{cm^3},95$ de $(OH)^2Ba$ *n*/20 furent neutralisés. Valeur calculée pour 4 groupes acétylés, 15,15.

l-bornéol-β-glucoside. — P. F. 135-136° (corr.) après suintement à 127°,5. Point de fusion du mélange des deux isomères : deux tiers de la substance lévogyre furent mélangés environ avec un tiers de son isomère dextrogyre P. F. 140-144° (suintement à partir de 135°).

Rotation spécifique du *l*-bornéol-β-glucoside :

$$[\alpha]_D^{21} = -\frac{3,77 \times 1,1382}{0,828 \times 0,09315} = +55°,6 \text{ (alcool à 95 pour 100)}.$$

Analyse : Substance (desséchée à 100° sur P^2O^5 et dans le vide) ; $31^{mg},1$ ont fourni $69^{mg},5$ de CO^2 et $24^{mg},0$ de H^2O.

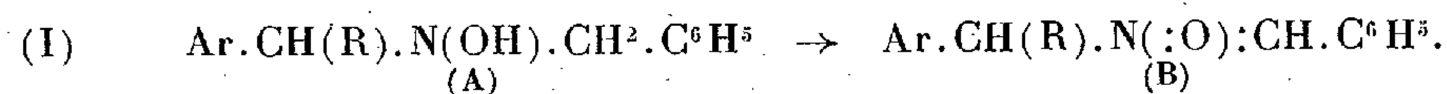
Calculé pour $C^{16}H^{28}O^6$ (P. M. 216,21) C 60,72, H 8,92 pour 100; Trouvé C 60,95 ; H 8,63 pour 100.

Teneur en eau de la substance séchée à l'air : 4,45 pour 100. Calculé pour un H^2O de cristallisation par molécule de glucoside 5,4 pour 100.

Nous avons donc trouvé pour les deux isomères du bornéol glucoside, comme Fischer et Raske pour l'un de ces isomères, un déficit en ce qui concerne l'eau de cristallisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques modes d'hydrolyse de benzaldoximes N substituées*. Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

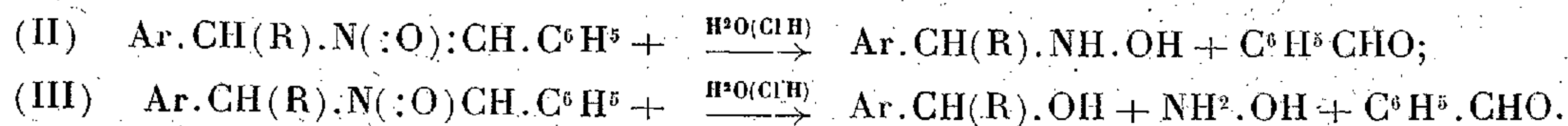
En vue d'une étude spectrale et chimique de cétoximes mixtes N substituées, j'ai tenté de les obtenir par oxydation des hydroxylamines N substituées, elles-mêmes préparées par condensation des arylaldoximes N substituées et des organomagnésiens mixtes [1]. Mais l'oxydation fournit des benzaldoximes selon le schéma



(I) $Ar.CH(R).N(OH).CH^2.C^6H^5 \rightarrow Ar.CH(R).N(:O):CH.C^6H^5$.
(A) (B)

[1] *Atti Acad. Lincei*, 5e série, **20**, I, 1911, p. 549, et Alessandri, *Atti Acad. Lincei*, 5e série, **23**, II, 1914, p. 132 et 221.

L'hydrolyse chlorhydrique des corps de formule (B) se fait, suivant la nature du radical Ar, selon les schémas (II) et (III) :



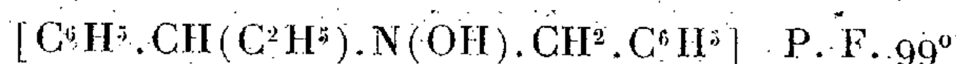
(II) $Ar.CH(R).N(:O):CH.C^6H^5 + \xrightarrow{H^2O(ClH)} Ar.CH(R).NH.OH + C^6H^5CHO;$

(III) $Ar.CH(R).N(:O)CH.C^6H^5 + \xrightarrow{H^2O(ClH)} Ar.CH(R).OH + NH^2.OH + C^6H^5.CHO.$

La réaction (II) est la réaction normale. La réaction (III) par contre ne peut s'expliquer que si l'on admet une transposition intramoléculaire, précédant l'hydrolyse, des oximes N-substituées en O-substituées. Une telle transposition a été déjà observée dans le cas de quelques benzaldoximes N diarylméthylées, obtenues par une autre méthode [2].

Dans la présente Note je décrirai quelques-uns des résultats que j'ai obtenus au cours de cette étude.

La N-benzylbenzaldoxime traitée par le $C^2H^5.MgBr$ donne la N-[α-phényl-propyl]-N-benzyl-hydroxylamine



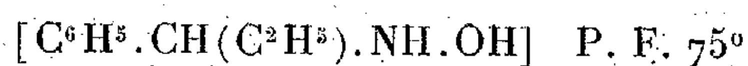
$[C^6H^5.CH(C^2H^5).N(OH).CH^2.C^6H^5]$ P. F. 99°

(phénylurée P. F. 155°; chlorhydrate 180°). Cette hydroxylamine substituée fournit, par oxydation, la N-[α-phényl-propyl]-benzaldoxime



$[C^6H^5.CH(C^2H^5).N(:O):CH.C^6H^5]$ P. F. 116°.

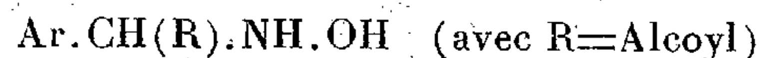
En hydrolysant cette oxime par ClH conc. on obtient la N-[α-phényl-propyl]-hydroxylamine



$[C^6H^5.CH(C^2H^5).NH.OH]$ P. F. 75°

(Chlorhydrate 135°) et du benzaldéhyde.

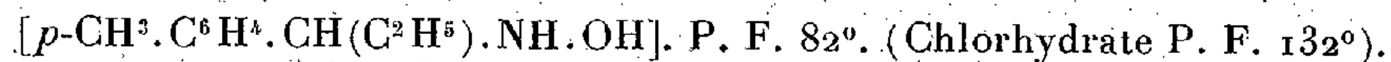
A ma connaissance les alcoylhydroxylamines du type



$Ar.CH(R).NH.OH$ (avec R=Alcoyl)

n'étaient pas encore connues.

Je dois noter que, avec la N-[α-4-méthylphényl-propyl]-benzaldoxime [p-$CH^3.C^6.H^4.CH(C^2H^5).N(:O):CH.C^6H^5$]. P. F. 112°, préparée par le procédé précédent, on obtient également par hydrolyse du benzaldéhyde et de la N-[α-4-méthylphényl-propyl]-hydroxylamine



[p-$CH^3.C^6H^4.CH(C^2H^5).NH.OH$]. P. F. 82°. (Chlorhydrate P. F. 132°).

---

(2) MARTYNOFF, *Ann. de Chim.*, 2e série, 7, 1937, p. 456.

En condensant le $C^2H^5.MgBr$ avec la N-benzyl-anisaldoxime, on obtient la N-[4-méthoxyphényl-propyl]-N-benzyl-hydroxylamine



[p-$CH^3O.C^6H^4.CH(C^2H^5).N(OH).CH^2C^6H^5$). P. F. 78°.

En oxydant cette hydroxylamine, on obtient la N-[4-méthoxyphényl-propyl]-benzaldoxime (p-$CH^3O.C^6H^4.CH(C^2H^5).N(:O):CHC^6H^5$. P. F. 88° et 97°.

Cette oxime, hydrolysée, fournit du benzaldéhyde, de l'hydroxylamine et de l'anéthol. On peut interpréter la formation de l'anéthol en admettant une déshydratation de l'éthyl-[4-méthoxyphényl]-carbinol instable dans les conditions opératoires.

Il est aussi à signaler que la condensation de la N-benzyl-anisaldoxime avec le $C^6H^5.MgBr$, ou celle de la N-benzyl-benzaldoxime avec le p-$CH^3OC^6H^4.MgBr$ fournissent la N-4-méthoxybenzhydryl-N-benzyl-hydroxylamine[p-$CH^3O.C^6H^4.CH(C^6H^5).N(OH).CH^2.C^6H^5$]P.F. 108° (chlorhydrate P. F. 190°). Par oxydation, cette hydroxylamine donne la N-4-méthoxybenzhydryl-benzaldoxime



[p-$CH^3.O.C^6H^4.CH(C^6H^5),N(:O):CH.C^6H^5$]

P. F. 160°. Ce produit est identique à celui qu'on obtient par action du $C^6H^5.CH^2Cl$ sur la 4-méthoxybenzophénone-oxime sodée et se comporte vis-à-vis de l'hydrolyse chlorhydrique anormalement ([3]).

Toutes les réactions précédemment décrites s'effectuent avec d'excellents rendements.

En résumé, les présentes recherches, ainsi que celles qui ont été poursuivies antérieurement par Alessandri, montrent que dans tous les cas où le radical aromatique ne contient aucun groupe négatif l'hydrolyse conduit à la réaction normale (II) : on peut dès lors admettre que la transposition qui s'effectue pendant l'hydrolyse suivant (III) est due à la présence du groupe OCH^3. Je poursuis actuellement des recherches en vue d'étudier si d'autres groupes négatifs exercent une même influence.

([3]) MARTINOFF, *Ann. de Chimie*, 2e série, 7, 1937, p. 470.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les carbures, dérivés halogénés, éthers et esters correspondant au tétrahydroionol.* Note de M. **Jean Kandel**, présentée par M. Marcel Delépine.

Avec MM. L. Palfray et S. Sabetay [1], nous avons décrit les composés que l'on obtient par hydrogénation catalytique, sous pression, de l'α-ionone.

Ayant étendu cette étude à la β-ionone, nous exposerons ici, non seulement les conditions d'hydrogénation qui conduisent au même terme, c'est-à-dire au tétrahydroionol, mais encore celles qui permettent d'aboutir, par déshydratation et hydrogénation, au carbure saturé correspondant. Nous décrirons ensuite un certain nombre de dérivés obtenus à partir du tétrahydroionol.

Sous une pression initiale de 150^{kg}, l'hydrogénation de la β-ionone, en présence de nickel, commence dès la température ordinaire et l'absorption est d'environ 1^{mol} d'hydrogène. Dès 50°, l'absorption devient très rapide et l'on distingue très bien deux paliers successifs qui correspondent à la fixation de la deuxième, puis de la troisième molécule d'hydrogène. Mais la saturation n'est vraiment totale que si l'on maintient la température à 230°-240° pendant environ 1 heure. L'opération demande 1 heure et demie au maximum.

Nous obtenons ainsi un produit entièrement hydrogéné, et une simple distillation nous fournit, avec un rendement quantitatif, un corps pur, le *tétrahydroionol*, identique à celui qu'on avait obtenu par hydrogénation de l'α-ionone, ce qui a conduit dans les préparations ultérieures, à prendre comme matière première l'ionone brut de synthèse, c'est-à-dire le mélange de α et β-ionones.

A partir de ce tétrahydroionol, nous avons préparé les carbures correspondants, puis divers dérivés halogénés, éthers et esters, décrits dans les tableaux ci-après.

Carbures. — Si au lieu de maintenir la température d'hydrogénation à 240°, où le tétrahydroionol est stable, on chauffe jusqu'à 290°, il se fait une déshydratation rapide, signalée par une brusque élévation de pression, puis, de nouveau, il y a absorption d'hydrogène et l'on aboutit au carbure

---

[1] L. Palfray, S. Sabetay et J. Kandel, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1376.

saturé $C^{13}H^{26}$. Si l'on accepte que le nom *d'ionane* soit attribué au carbure non saturé $C^{13}H^{22}$ de Kishner (²), notre carbure sera le tétrahydroionane : c'est en réalité le *triméthyl-*1.3.3*-butyl-*2*-cyclohexane*.

D'autre part, en traitant le tétrahydroionol par SO^4NaH, on obtient le carbure non saturé correspondant $C^{13}H^{24}$, le *dihydroionane*.

$C^{13}H^{24}$	$Eb_{16,5}$ 98°,5;	n_D^{22} = 1,4651;	d_4^{22} = 0,8371;	RM_D calc. 59,56;	tr. 59,46
$C^{13}H^{26}$	Eb_{14} 95-96°;	n_D^{19} = 1,4542;	d_4^{19} = 0,8257;	RM_D calc. 60,03;	tr. 59,71

Dérivés halogénés. — A partir du tétrahydroionol, on a obtenu le dérivé chloré par action directe, à 100°, pendant 7 heures, de ClH saturé à 0°, le dérivé bromé, par BrH fumant, dans les mêmes conditions, le dérivé iodé, par l'iode en présence de phosphore rouge. Ces dérivés possèdent les constantes suivantes :

$C^{13}H^{25}Cl$	Eb_{17} 128° -128°,5;	$n_D^{23,5}$ = 1,4708;	$D_4^{23,5}$ = 0,9321;	R_D calc. 64,90;	tr. 64,89
$C^{13}H^{23}Br$	Eb_{16} 138°,5-139°;	$n_D^{23,5}$ = 1,4862;	$D_4^{23,5}$ = 1,1030;	R_D calc. 67,80;	tr. 67,94
$C^{13}H^{25}I$	Eb_{14} 151°,5-152°;	n_D^{19} = 1,5151;	D_4^{19} = 1,2060;	R_D calc. 72,85;	tr. 73,35

Éthers-oxydes. — Les éthers méthylique, éthylique et isopropylique ont été préparés par action de l'iodure d'alcoyle correspondant sur l'alcoolate, obtenu lui-même en traitant le tétrahydroionol par Na en poudre, au sein du toluène maintenu un peu au-dessous de 100°. La chlorométhyline a été préparée, comme d'ordinaire, par action de ClH sec à 0° sur le mélange de trioxyméthylène et de tétrahydroionol. Enfin les éthers propylique et isobutylique ont été obtenus par action des magnésiens éthylique et isopropylique sur la chlorométhyline.

$C^{14}H^{28}O$	$Eb_{13,5}$ 118°;	n_D^{17} = 1,4590;	D_4^{17} = 0,8783;	RM_D calc. 66,29;	tr. 65,99
$C^{15}H^{30}O$	Eb_{13} 123°,5;	n_D^{17} = 1,4564;	D_4^{17} = 0,8696;	RM_D calc. 70,91;	tr. 70,70
$C^{16}H^{32}O$	Eb_{15} 131°-132°;	n_D^{19} = 1,4562;	D_4^{19} = 0,8629;	RM_D calc. 75,53;	tr. 75,63
$C^{14}H^{27}OCl$	Eb_{15} 150°-151°;	n_D^{24} = 1,4703;	D_4^{24} = 0,9665;	RM_D calc. 71,35;	tr. 71,18
$C^{16}H^{32}O$	Eb_{14} 133°-134°;	$n_D^{17,4}$ = 1,4613;	$D_4^{17,4}$ = 0,8757;	RM_D calc. 75,53;	tr. 75,25
$C^{17}H^{34}O$	Eb_{15} 142°-143°;	n_D^{21} = 1,4551;	D_4^{21} = 0,8617;	RM_D calc. 80,14;	tr. 79,99

Esters. — Cette classe de dérivés nous intéressait particulièrement car, outre l'odeur que certains pouvaient posséder, d'autres devaient être solides, aptes par conséquent à l'identification et à la purification du tétrahydroionol. Le formiate a été préparé au moyen du mélange acéto-

(²) *Chemisches Centralblatt*, **83**, 1912, I, p. 1622.

formique, le phtalate au moyen de l'anhydride phtalique en présence de pyridine, les autres par action du chlorure d'acide correspondant en présence de pyridine.

Formiate	Eb_{15}	134°-134°,5;	n_D^{18} = 1,4600;	D_4^{18} = 0,9373;	R_D calc. 66,30;	tr. 66,04
Acétate (²)	$Eb_{15,5}$	141°,5-142°;	n_D^{18} = 1,4575;	D_4^{18} = 0,9271;	R_D calc. 70,92;	tr. 70,57
Propionate	$Eb_{15,5}$	151°,5-152°;	n_D^{22} = 1,4560;	D_4^{22} = 0,9191;	R_D calc. 75,54;	tr. 75,12
Benzoate	Eb_{13}	210°,5-211°;	$n_D^{20,5}$ = 1,5060;	$D_4^{20,5}$ = 0,9900;	R_D calc. 90,41;	tr. 90,63

Phtalate acide F. 79°; Allophanate F. 164°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des substances à effet hormonique femelle. Synthèse de l'oxo-2 tétrahydro-6, 7, 8, 9, benzo-4, 5 acénaphthène.* Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Marcel Delépine.

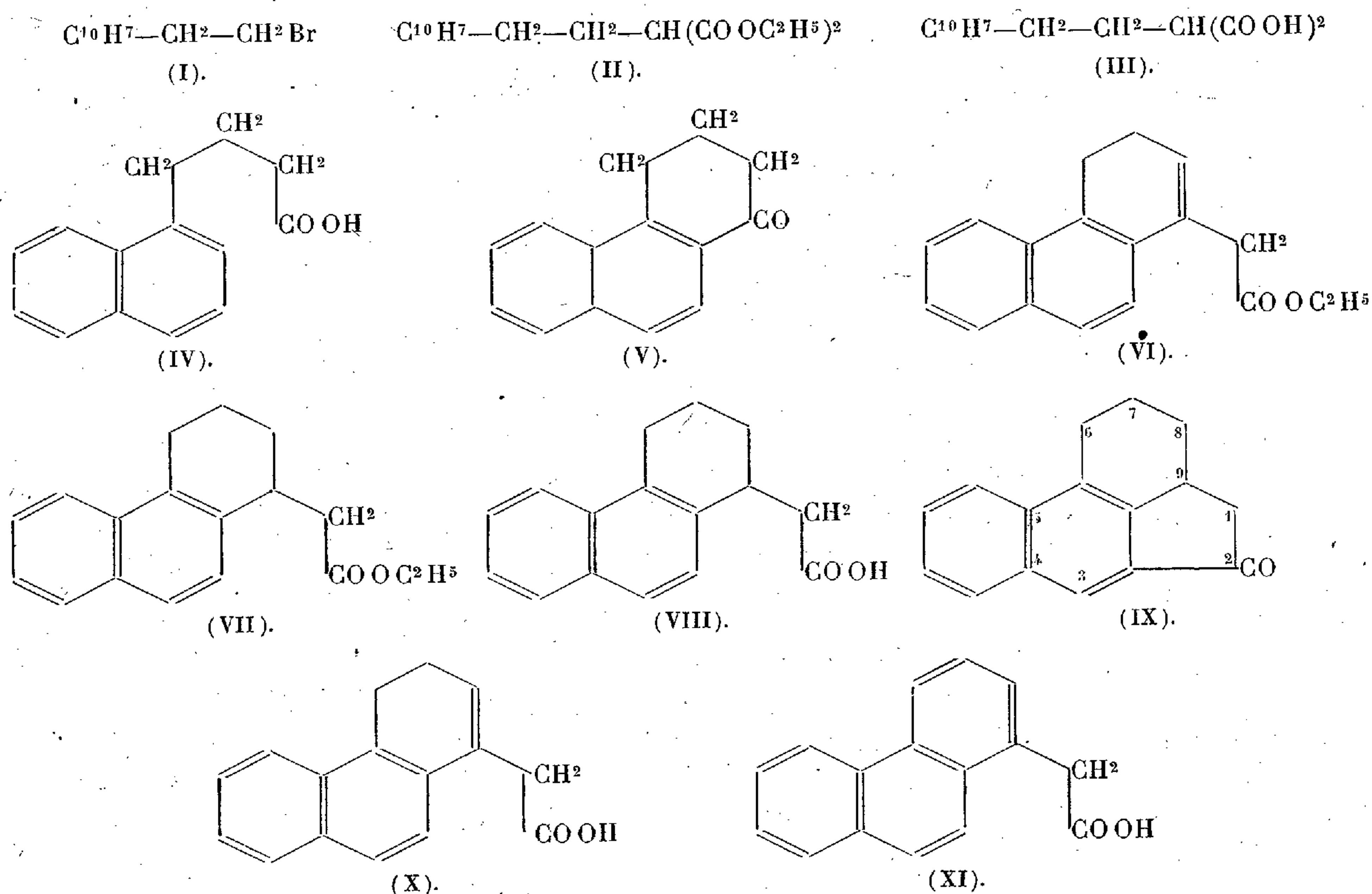
On connaît l'importance des hormones sexuelles. De nombreuses recherches sont poursuivies depuis quelques années, soit en vue de leur synthèse, soit en vue de préparer des composés qui, tout en ayant une structure plus ou moins différente, possèdent une action physiologique semblable. Jusqu'ici les produits actifs obtenus ont un effet oestrogène plus faible que les hormones femelles naturelles.

Dans la présente Note, je décrirai les recherches que j'ai effectuées dans ce domaine.

Parmi les nombreux corps possibles auxquels on pouvait supposer de telles propriétés physiologiques, j'ai entrepris la synthèse de l'oxo-2, tétrahydro-6, 7, 8, 9, benzo-4, 5 acénapthène (IX) (et celles de ses dérivés oxhydrylés phénoliques). Ce composé, dont la constitution présente beaucoup d'analogies avec celle de l'équilenine, une des follicule-hormones, était inconnu jusqu'à ce jour. Le test Allain-Doisy (effectué par Mlle J. Lévy) a montré que cette substance, administrée à des souris femelles castrées, produit un effet hormonique femelle, qui est environ 1/58e de celui de la folliculine.

La succession des réactions, qui m'a permis de réaliser cette synthèse, peut être résumée par le schéma

(²) A. Skita le décrit sommairement, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 48, 1915, p. 1496.



Le β-(1-naphtyl)-éthylmalonate d'éthyle (II) P. E. 200-202° s. 2^{mm} a été obtenu par action du bromure de (1-naphtyl)-éthyle (I) sur le malonate d'éthyle sodé. L'acide β-(1-naphtyl)-éthylmalonique (III) P. F. 159°, par saponification de II, au moyen de KOH alcoolique. L'acide γ-(1-naphtyl)-butyrique (IV) P. F. 107-108°, par fusion et distillation de III. La tétanthrénone (V) P. F. 98°, par cyclisation de IV, au moyen de $SnCl^4$ (Rt.=70-75 pour 100). Le dihydro-3.4-phénanthryl-1-acétate d'éthyle (VI) P. E. 238-241° s. 12^{mm}, par action de $BrCH^2COOC^2H^5$ sur V, en présence de Zn au sein du benzène. L'oxyéther formé primairement perd H^2O à la distillation. Le tétrahydro-1.2.3.4-phénanthryl-1-acétate d'éthyle (VII) par hydrogénation de VI, en présence de noir de Pt. L'acide tétrahydro-1.2.3.4-phénanthryl-1-acétique (VIII) P. F. 134°, par saponification de VII, par KOH alcoolique. L'oxo-2-tétrahydro-6.7.8.9, benzo-4.5-acénaphtène (IX) P. F. 112°, cristaux jaune clair, semi-carbazone P. F. 240-242°, par cyclisation du chlorure de VIII, par le Cl^3Al au sein du benzène à 0°.

J'ai tenté également de préparer ce même composé non hydrogéné, mais jusqu'à présent ces essais sont restés sans résultats. L'acide phénanthryl-1-acétique (XI) P. F. 189-190° employé dans ce but a été préparé par déshydrogénation de l'acide dihydro-3.4-phénanthryl-1-acétique (X_1) P. F. 147° (obtenu par saponification de VI) au moyen du soufre à 180-200°. Le rendement est mauvais par suite d'une décarboxylation simultanée et formation de méthyl-1-phénanthrène P. F. 119°, picrate P. F. 135°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation par l'anhydride sélénieux du cyclohexène et des nonènes 3 et 4.* Note de M. **André Guillemonat**, présentée par M. Robert Lespieau.

J'ai étudié [1] l'oxydation par l'anhydride sélénieux de carbures éthyléniques dont un carbone doublement lié est complètement substitué. L'oxydation est également possible avec des carbures de structure différente; j'ai en effet oxydé par l'anhydride sélénieux en milieu acétique le cyclohexène et les nonènes 3 et 4. Les rendements sont de 20 pour 100 pour le cylohexène et de 13 à 15 pour 100 pour les nonènes.

L'oxydation porte toujours sur un carbone en α de la double liaison. Dans le cas du cyclohexène, par suite de la symétrie de la molécule, on n'obtient qu'un seul corps, l'acétate de cyclohexényle, que j'ai caractérisé.

L'oxydation des nonènes ne m'a pas permis d'isoler des nonénols purs vraisemblablement parce que les deux groupes CH^2 en α de la double liaison sont attaqués.

Partie expérimentale. — Le mode opératoire est le même que précédemment [1], les corps obtenus sont :

Acétate de cyclohexényle Eb_{8mm} : 62°; $D_4^{24} = 1{,}001$; $n_D^{24} = 1{,}460$; RM 38,4; Th 38,1.

Spectre Raman. — 207 (bf); 254 (f); 271 (m); 301 (m); 372 (bf); 416 (f); 464 (af); 493 (af); 551 (af); 564 (f); 630 (aF); 732 (bf); 805 (f); 820 (af); 832 (aF); 857 (f); 888 (af); 910 (m); 1060 (baF); 1099 (m); 1145 (f); 1198 (f); 1220 (F); 1234 (aF); 1255 (m); 1328-1350 (bm); 1399 (af); 1434-1454 (baF); 1652 (F); 1733 (bm); 2839 (m); 2871 (baF); 2917 (baF); 2942 (bF); 2995 (baf); 3072 (baF).

---

[1] A. Guillemonat, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1416, et 201, 1935, p. 904.

Criegee [2] indique pour ce corps Eb_{12mm} : 68-71°; $D^{20} = 1,001$.

Cyclohexène 1 ol 3, obtenu par saponification du précédent. Eb_{16mm} 67°; $D_4^{23} = 0,9865$; $n_D^{23} = 1,4860$; RM 28,57; Th 28,76; phényluréthane F. 107°.

Spectre Raman. — 263 (bf); 306 (bf); 445 (f); 478 (btf); 562 (f); 623 (f); 671 (f); 698 (f); 715 (bF); 845 (f); 864 (f); 965 (bF) 1056 (bF); 1089 (f); 1219 (F); 1233 (bm); 1254 (bf); 1345 (tf); 1397 (tf); 1434 (F); 1454 (m); 1650 (F).

Willstätter et Sonnenfeld [3] indiquent : Eb_{760mm} 164°; $D^{15} = 0,9923$; phényluréthane F. 107°.

Cyclohexène 1 one 3, obtenue par oxydation chromique du précédent. Eb_{16mm} 67-69°; $D_4^{21} = 0,976$; $n_D^{21} = 1,4741$; RM 27,6; Th 27,25; semicarbazone F. 161°. Kötz et Grethe [4] indiquent : Eb_{14mm} 63°; $D^{18} = 0,9868$; $n^{18} = 1,4791$; semicarbazone F. 161°.

Spectre Raman. — 253 (tf); 274 (tf); 307 (f); 463 (m); 490 (f); 627 (f); 707 (m); 735 (f); 759 (m); 826 (f); 859 (m); 977 (m); 1055 (F); 1100 (f); 1142 (F); 1212 (F); 1233 (m); 1257 (f); 1390 (m); 1429 (bF); 1455 (m); 1618 (TF); 1672 (blF); 2881 (m); 2951 (bm); 3039 (bf).

L'abaissement des fréquences C = C (1618) et C = O (1672) confirme la conjugaison des deux doubles liaisons [5].

CRISTALLOGRAPHIE. — *Schéma structural de la proustite et de la pyrargyrite.* Note [1] de M. **Raymond Hocart**, transmise par M. Pierre Weiss.

On sait que la proustite et la pyrargyrite sont nettement apparentées à la calcite par la morphologie et les clivages. Il était intéressant de comparer les structures atomiques de ces espèces.

J'ai soumis des cristaux de proustite (Jachymov) et de pyrargyrite (Freiberg) aux méthodes usuelles de l'étude par les rayons X.

La méthode du cristal oscillant appliquée à diverses rangées et la méthode

(2) Criegee, *Liebigs Annal.*, 482, 1930, p. 285.
(3) *Ber. d. Chem. Ges.*, 46, 1913, p. 2957.
(4) *J. f. Prakt. Chem.*, 80, 1909, p. 499.
(5) Cf. Piaux, *Thèse*, Paris, 1935, p. 65.

(1) Séance du 21 juin 1937.

des poudres ont donné les résultats suivants, avec une précision au moins égale à 0,5 pour 100, pour les paramètres absolus :

Proustite..............	[III] (axe c) = 8,69 Å	$[10\bar{1}]$ (axe a) = 10,80 Å
Pyrargyrite..........	[III] » = 8,72 Å	$[10\bar{1}]$ » = 11,03 Å

Le réseau est rhomboédrique; l'arête de la maille-période a pour paramètre : Proustite [100] = 6,88 Å. Pyrargyrite [100] = 7,0 Å. Cette maille contient $2AsS^3Ag^3$ ou $2SbS^3Ag^3$ (densités Dana : 5,57 et 5,85), l'écart au coefficient 2 étant inférieur (pr.) ou égal (pyr.) à 0,5 pour 100.

Le groupe de recouvrements le plus probable, d'après l'examen des intensités, est C^6_{3v} — R 3 c.

Pour déterminer la structure de la proustite j'ai admis, comme hypothèse de travail, la validité d'emploi des rayons atomiques donnés par Pauling et Huggins ([2]). J'ai cherché à localiser les atomes As (nécessairement placés sur l'axe ternaire) de façon que, dans le groupement non plan AsS^3, les liaisons As — S soient orientées comme les hauteurs d'un tétraèdre; chaque atome Ag est alors entouré de 4 atomes S plus proches de lui que tous les autres. (Ce schéma est nettement différent de celui donné par Gossner et Mussgnug dans l'hypothèse des ions) ([3]).

Dans l'essai le plus satisfaisant, les coordonnées numériques des atomes dans la maille sont les suivantes :

	As.	S.	Ag.
x....................	0,0852	0,806	0,633
y....................	0,0852	0,194	0,5
z....................	0,0852	0	0

La distance moyenne de 1^{at} Ag à ses quatre voisins S est 2,68 Å (aucune valeur particulière ne s'écarte de cette moyenne de plus de 0,04 Å); cette valeur moyenne est peu supérieure à la somme des rayons S et Ag, 2,57 Å.

L'accord des intensités observées et des intensités calculées à partir de cette représentation est acceptable, sauf pour la réflexion (200) qui est expérimentalement faible.

Si le même arrangement atomique est adopté pour la pyrargyrite (l'analogie des diagrammes de poudres est en effet très grande), les

---

([2]) *Zeitsch. f. Krist.*, 87, 1934, p. 218.

([3]) *Centralblatt für Mineralogie*, Abt. A, 1928, p. 65.

coordonnées numériques des atomes S et Sb sont :

	Sb.	S.
x	0,0917	0,795
y	0,0917	0,205
z	0,0917	0

En attribuant aux atomes Ag les *mêmes* coordonnées que dans le cas de la proustite, la distance moyenne de 1^{at} Ag à ses quatre proches voisins S est égale à 2,68 Å comme dans la proustite (les écarts individuels n'atteignent pas 0,1 Å).

Pour se représenter les positions relatives des atomes ou groupes d'atomes, on peut dire que les groupements AsS^3 ou SbS^3 sont voisins des sommets et du centre du rhomboèdre $p(100)$, les atomes Ag étant proches des centres des faces et des milieux des arêtes. A ce point de vue, la distribution offre une analogie sommaire avec celle des CO^3 et Ca dans le rhomboèdre $p(100)$, maille multiple, de la calcite.

Pour ce qui est des clivages il y a lieu de faire une remarque intéressante : si l'on recherche dans chaque famille de plans structuraux de la proustite et de la pyrargyrite, les espacements les plus grands, on trouve que l'espacement maximum est celui de deux plans structuraux $p(100)$; vient ensuite l'espacement de deux plans structuraux $b^1(110)$. Ce sont précisément les directions de clivage, comme dans la calcite.

PÉTROGRAPHIE. — *Étude minéralogique comparée des sédiments arénacés du Bassin de Paris.* Note (1) de M. **André Vatan**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La sédimentation, dans le Bassin de Paris, est caractérisée pendant le Tertiaire, par l'abondance des niveaux sableux. L'étude de la composition minéralogique des sables est susceptible d'indiquer l'origine du matériel, l'existence et le sens des courants, les conditions de dépôt.

Cette étude minéralogique est plus particulièrement celle des *minéraux lourds*, c'est-à-dire celle des minéraux de densité supérieure à 2,9 (la densité du bromoforme utilisé en minéralogie pour les séparations). Nous avons étudié la plupart des niveaux sableux allant du Crétacé inférieur aux alluvions actuelles.

---

(1) Séance du 21 juin 1937.

Albien. — L'Albien, dans le Bassin de Paris méridional, correspond assez bien à un cycle de sédimentation. A des argiles rouges continentales, représentant le Barrémien, succède la trilogie : sables verts, argiles de Myennes, sables de la Puisaye. Dans le Berry les sables verts sont des sables grossiers, présentant des marques éoliennes et riches en glauconie. Ils sont caractérisés par les minéraux suivants : staurotide très abondante, andalousite et tourmaline abondantes, disthène, zircon, rutile, sillimanite, plus rares, l'anatase, la brookite, le leucoxène, rares. C'est un cortège métamorphique caractéristique. Les sables de la Puisaye sont plus fins, mieux calibrés. Ils contiennent les mêmes minéraux, mais en proportions différentes (en plus la hornblende). C'est toujours un cortège métamorphique avec abondance de zircon et de disthène.

Cénomanien. — (Sables de Vierzon). Tourmaline assez abondante, disthène, staurotide, zircon.

Thanétien. — L'étude minéralogique permet de distinguer assez facilement deux bassins secondaires : Bassin anglo-belge et du Nord de la France; Bassin de Paris proprement dit. Bassin septentrional : glauconie très abondante, zircon très abondant, hornblende verte, épidote, tourmaline, staurotide, andalousite, grenat, rutile, chlorite, disthène, sphène, brookite, anatase. Origine métamorphique, mais avec des apports d'origine éruptive. Bassin de Paris : glauconie moins abondante, disthène et andalousite abondante, rareté ou absence de brookite et de hornblende, zircon assez rare en général. Par la différence de composition qualitative entre les deux bassins, une origine nordique est exclue pour le Thanétien parisien. Nous verrons plus loin que les voies orientales et méridionales sont également fermées par la présence du disthène. Un courant d'Ouest paraît donc probable.

Sparnacien. — Le Sparnacien représenté par des sables grossiers souvent argileux, parfois agglomérés en grès, est caractérisé par le zircon et le rutile abondants, la tourmaline, l'amphibole, le sphène. Peu ou pas de minéraux de roches métamorphiques. Ce sont des *sables granitiques*.

Pour les étages suivants : Yprésien, Lutétien, Bartonien, nous avons fait une étude moins détaillée. Là encore, la roche mère est métamorphique.

Stampien. — Il y a en moyenne grande homogénéité dans la composition minéralogique des dépôts stampiens, tant dans le sens vertical que latéralement. Les minéraux lourds sont des minéraux de métamorphisme : staurotide, andalousite, disthène (le grenat est à peu près localisé à un seul gisement), associés à la tourmaline en proportions variables, au zircon et au

rutile, entre eux dans un rapport assez constant, avec en proportions plus faibles la hornblende, l'anatase, la brookite, l'épidote, la monazite.

Vindobonien (Sables de la Sologne). — Staurotide, andalousite, tourmaline, zircon, assez abondants; rutile, sphène, anatase, brookite, sillimanite, monazite, disthène, rares.

Résultats. — Cette étude des minéraux lourds va nous permettre de tenter une reconstitution des grandes lignes de la sédimentatiom arénacée depuis le Crétacé inférieur dans le Bassin de Paris.

Il faut souligner d'abord la prédominance du matériel métamorphique sur le matériel d'origine éruptive. On est frappé par la parenté de la plus grande partie de ces sédiments. Il n'y a de variations importantes qu'au point de vue quantitatif. Parmi les minéraux métamorphiques, le disthène est sans contredit le plus instructif. Le disthène est en effet inconnu dans les Vosges. Il est peu abondant dans le Massif central (les alluvions de la Loire en renferment très peu). Il semble d'origine armoricaine. Les mers, qui à plusieurs reprises ont déposé des sables dans le Bassin de Paris, communiquaient avec l'Atlantique; des courants d'Ouest en Est longeaient les côtes bretonnes. Ces conditions se sont répétées à l'Albien, au Cénomanien, au Thanétien, à l'Yprésien, au Lutétien, au Bartonien, au Stampien. Il est remarquable que des conditions presque analogues régnaient dans la mer de la craie; le disthène entrait dans le Bassin de Paris par un courant du Sud-Ouest [1]. Le Sparnacien présente des conditions plus spéciales; des fleuves descendaient du Massif central, chargés de débris granitiques. Les Sables de Sologne et les dépôts postérieurs indiquent une érosion plus avancée du socle cristallin du centre de la France.

GÉOLOGIE. — *Analyse pollinique et position stratigraphique des lignites quaternaires de la région de Chambéry.* Note [1] de MM. **J. Gourc** et **Franck Bourdier**.

Ces lignites, semblables aux *charbons feuilletés* du Quaternaire suisse, sont d'anciennes tourbes comprimées et rendues schisteuses par la pression des derniers glaciers quaternaires. Ils reposent, à quelques dizaines de

---

[1] L. Cayeux, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 1916, p. 299.

[1] Séance du 28 juin 1937.

mètres au-dessus du talweg actuel, sur des sables et argiles finement lités déposés, très probablement, dans un lac de retrait glaciaire [2].

L'un de nous (J. G.) a appliqué à ces lignites, qui contiennent, par gramme, 40 à 70000 grains de pollen, souvent altérés, les méthodes modernes d'analyse pollinique [3].

Les résultats les plus caractéristiques, fournis par le gisement de *Sonnaz*, sont résumés dans le tableau ci-dessous, dont la première ligne donne les hauteurs des échantillons successifs au-dessus de la base de la couche de lignite; les lignes suivantes indiquent, pour chacun de ces échantillons, les pourcentages des grains de pollen de chaque genre.

Niveau (en cm)	30.	70.	90.	110.	130.	150.	180.	200.	220.	240.
Pinus	12	21	54	64	48	53	55	62	64	57
Alnus	45	–	5	7	9	2	6	4	1	–
Picea	39	–	23	18	37	41	28	31	30	35
Abies	3	–	2	–	2	4	10	3	4	7
Betula [4]	–	79	1	3	–	–	–	–	–	–
Tilia	1	–	14	8	4	1	1	1	1	1
Corylus	–	–	1	2	3	–	–	–	–	–

Dans les lignites de *La Flachère*, entre Chambéry et Grenoble, nous avons observé, avec l'Epicea et le Pin dominants, une légère poussée du Tilleul et du Noisetier comme dans les couches moyennes de Sonnaz. Dans ceux du *Chapitre*, qui doivent correspondre à la base du gisement de Sonnaz, l'Aulne est spécifiquement déterminable (*A. glutinosa*) et les spores de Fougères sont abondantes (*Osmunda*, *Polypodium* : 14 pour 100). Partout on trouve des pollens de Graminées, de Cypéracées et surtout de Composées.

Au point de vue *climatique*, l'abondance relative du Tilleul et de l'Aulne à la base des lignites indique un climat redevenu tempéré et humide, donc franchement *interglaciaire*, tandis que les couches supérieures montrent, par la prédominance presque exclusive du Pin et de l'Epicea, un abaissement prononcé de la température, accompagné d'une sécheresse notable [5].

---

(2) F. Bourdier, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 997.

(3) J. Gourc, *La méthode pollenanalytique et son application à l'étude des temps postglaciaires : Analyse du marais des Échets (Ain)* (*Les Études rhodaniennes*, **12**, 1936, p. 63-81).

(4) Le Bouleau du niveau 70 a dû croître sur la tourbière, car ses grains de pollen sont souvent agglomérés comme s'ils provenaient de chatons mâles tombés sur la tourbière elle-même.

(5) Vivien, en 1895, avait signalé dans ces lignites *Buxus sempervirens*, indiquant un climat au moins aussi chaud qu'actuellement, et *Pinus montana*, ne vivant actuellement qu'aux altitudes élevées; leur présence s'explique par les variations de climat que nous indiquons.

C'est certainement de cette dernière période que datent les limons loessoïdes surmontant les argiles litées d'Eybens près Grenoble et interstratifiés avec des coulées d'éboulis descendues par solifluxion.

Au-dessus des lignites, une assise épaisse de galets roulés, peu volumineux et bien stratifiés, s'élève par endroits à 60^m et plus au-dessus du talweg actuel; elle est ravinée par des dépôts fluvioglaciaires à gros blocs arrondis et par les *moraines* du retrait wurmien. Cette assise bien stratifiée correspond probablement aux alluvions dites de progression wurmienne dans la vallée du Drac et aux alluvions préwurmiennes de la vallée du Rhône entre Bellegarde et Seyssel ([6]).

L'un de nous (F. B., *loc. cit.*, 1935) a déjà montré que nos lignites ne dataient pas, comme on le croyait, d'une hypothétique interstade Wurm-Néowurm, mais d'un des *interglaciaires antéwurmiens*. Nous espérons pouvoir préciser la place de cet interglaciaire dans la chronologie des industries préhistoriques, lorsque nos recherches en cours dans la basse Isère ([7]) seront plus complètes. Ces recherches nous ont déjà montré deux séries distinctes de limons loessoïdes qui seraient comparables à ceux d'Eybens. Les uns, qui semblent appartenir à un groupe de dépôts sans doute en partie contemporain des sables à industrie *clactonienne* de Curson, sont situés à la base de hautes terrasses fluviatiles surmontées de cônes fluvioglaciaires; les autres limons, qui recouvrent ces cônes, doivent être certainement rattachés aux limons qui, à Mayoussière près de Vinay, surmontent une moraine altérée et ont fourni à l'un de nous un disque-nucleus que M. H. Breuil considère comme typiquement *moustérien*. Des silex taillés, recueillis par le regretté préhistorien H. Muller dans la grotte des Eugles, en plein massif de la Chartreuse, semblent bien également *moustériens* et de plus *interglaciaires* et ne seraient donc pas d'âge Azilien, comme on le croyait jusqu'à présent.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique de l'Adrar mauritanien.* Note ([1]) de M. **Théodore Monod.**

A l'extrémité occidentale du synclinal d'Araouan-Taoudeni, les falaises superposées de l'Adrar mauritanien fournissent une coupe de la partie

---

([6]) M. Gignoux et F. Bourdier, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 212 et 310.

([7]) F. Bourdier, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 279.

([1]) Séance du 28 juin 1937.

antécarbonifère de la série paléozoïque saharienne : sans attendre la description plus détaillée qui trouvera place dans un travail d'ensemble ultérieur, je crois utile d'énumérer dès maintenant les principaux niveaux que j'ai reconnus.

I. **Socle cristallin et métamorphique** [Archéen et Précambrien]. — La limite du socle et du Primaire, au nord de Char, paraît passer, avant de s'incurver franchement à l'Est, vers Tajalet Niaga, la Hofrat Tigueddi, Chibar, Tleha el Hamra, Haneik el Habara, Zemlet Lektota, Zemlet O. Dekhan; les tables d'El Maoudat seraient des témoins de Primaire (Capitaine J. Laroque *in litt.*).

II. **Primaire.** — A. CAMBRO [?]-ORDOVICIEN. — *a. Complexe de base gréso-schisto-calcaire* [Cambrien, au moins *pro parte*?].

1° *Grès verts* et grès variés, avec plusieurs niveaux de petits conglomérats : Hamdoun, Agueni. Choum, Char, etc.

2° Schistes et grès polychromes lités, souvent rouges violacés, à *pains à cacheter* ou à *pois*, calcaires, silex, jaspes, etc. : Azougui, Lemhaguen, Tajalet Niaga, etc.

3° Conglomérat et grès variés : couronnement de la falaise Azougui-Lemhaguen-Tajalet Niaga.

4° Calcaires bleus ou bruns à Stromatolithes : Atar, Amder, Ksar Torchane, Tengharada, pied de la falaise d'Adbeïnat, centre du Richat.

5° Schistes et grès polychromes lités, souvent rouge violacé, à *pains à cacheter* ou à *pois*, calcaires, silex, jaspes, etc., couches rouges du Dhar de Chinguetti, Hofrat Ouadane, etc.

b. Grès inférieurs [Ordovicien (*pro parte*) ?] :

6° *Grès du Dhar sensu stricto* ou *grès de Chinguetti* : Dhar d'Atar-Chinguetti-Sani, etc.

7° *Grès à colonnettes* ou *grès à Tigilittes*, à structure transverse, souvent feldspathiques, relativement tendres.

8° Grès siliceux compacts, se débitant volontiers en parallélépipèdes géants (*grès à corridors*) mêmes localités. Les psammites à *Lingula* doivent peut-être se placer à la limite des niveaux 7 et 8.

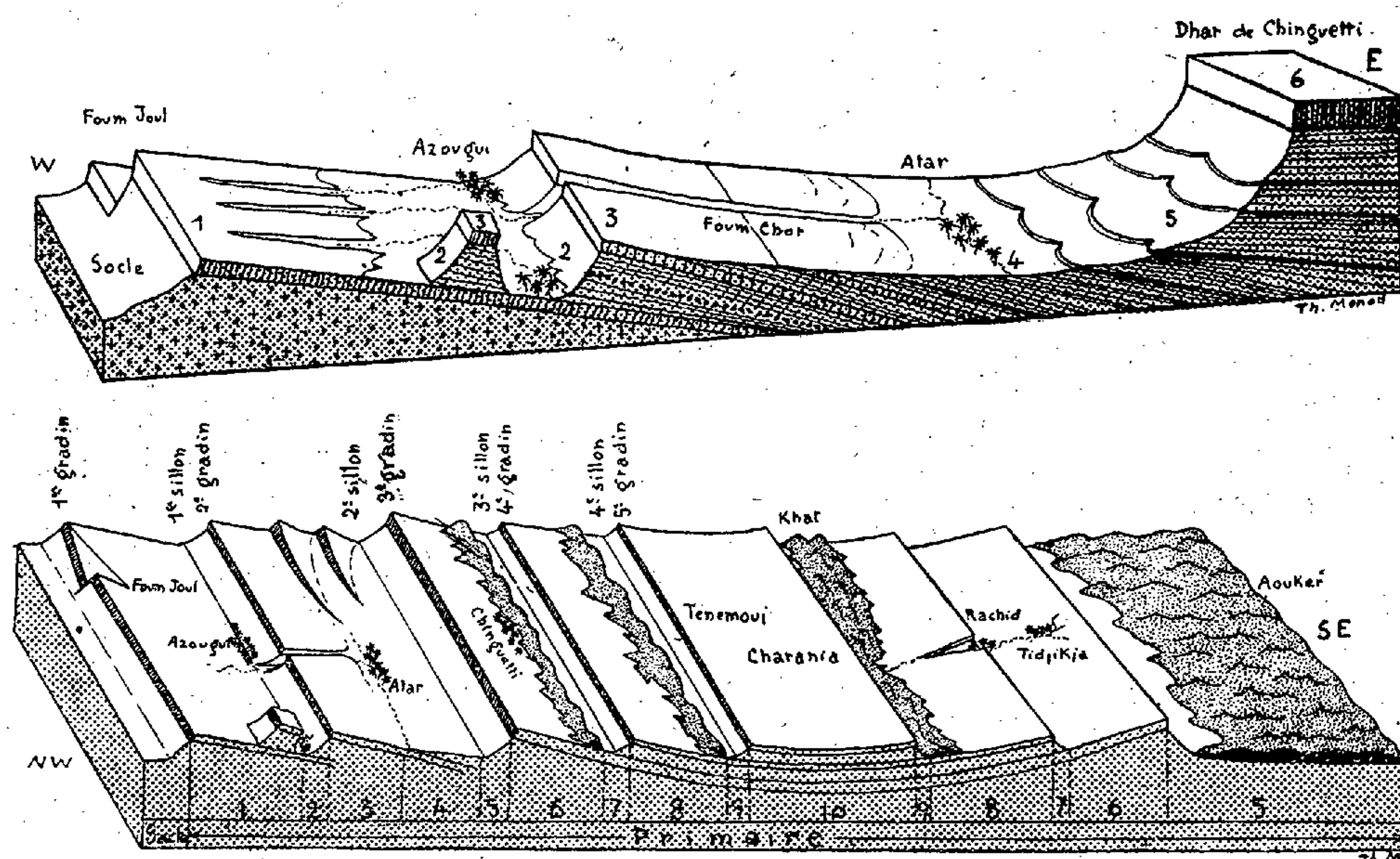
B. GOTHLANDIEN. — 9° Schistes et argiles papyracées à Graptolithes : Tamga, Iramach, Chig, Tenemouj, Charania, Legleia, etc.

C. DÉVONIEN. — 10° *Grès supérieurs* fossilifères : mêmes localités.

Le Carbonifère, dans l'Adrar, semble réduit au très petit affleurement du synclinal de l'Oued el Abid, au sud d'Hassi el Motleh.

L'ensemble de cette série épicontinentale, malgré l'existence de plusieurs

conglomérats, en particulier à divers niveaux du complexe de base, ne paraît pas présenter, au moins sur les points que j'ai visités, de discordances importantes capables de fournir des coupures stratigraphiques. La falaise d'Hamdoun (près de 500^{m} de dénivellation entre la palmeraie et le couronnement) en fournit une coupe s'étendant du socle éruptif à la base des grès inférieurs; c'est, en fait, la charnière d'un éventail, le point où les



En haut, coupe schématique, au niveau d'Atar, de la bordure occidentale de l'Adrar; *en bas*, schéma de la structure de l'Adrar-Tagant. Les chiffres correspondent aux niveaux énumérés dans le texte.

lames de celui-ci se trouvent encore directement superposées et à partir duquel elles vont, se séparant les unes des autres, diverger, en se propageant dès lors chacune pour son compte : les couches qui s'empilent ainsi dans le Dhar d'Hamdoun constitueront, au Nord et au Nord-Est, une fois échappées de la falaise commune, de très vastes affleurements, occupant une bande d'environ 150^{km} de large, au nord d'El Beyyed comme au sud de Chegga.

En l'absence à peu près totale de fossiles au-dessus du Gothlandien, la lithologie fournira seule des points de repère dans la base de la série primaire : il semble qu'à cet égard les *grès verts* tout à fait inférieurs, les *grès à colonnettes*, qui séparent les deux masses compactes des *grès inférieurs*, enfin le niveau à Stromatolithes se révèleront particulièrement précieux.

HYDROLOGIE. — *Persistance de la fluorescéine dans les terres. Influence des formations ferrugineuses.* Note de MM. **Alexandre Guillerd** et **Pierre Étrillard.**

L'un de nous opérant sur les gouffres de la Féclaz, ouverts dans l'Urgonien au nord de Chambéry, eut l'occasion de constater que la fluorescéine, présente à la dose de 1.10^{-11} (gramme par cm^3) dans certaines sources du territoire, ne pouvait être rapportée qu'à des projections de couleur faites 30 mois auparavant. Cette même constatation fut recherchée sur des sources issues des calcaires lutétiens du Provinois qui avaient été teintées antérieurement, à la faible vitesse de propagation de $0^{km},3$ par jour. La couleur y fut, en effet, retrouvée à la dose de 1.10^{-9}, et la plus récente projection de fluorescéine à laquelle elle pouvait être imputable remontait à 54 mois.

Les argiles, qui fixent les colorants basiques et dont les dépôts ténus tapissent les lithoclases, jouent sans doute un rôle dans cette rétention. Pour vérifier, au laboratoire, cette persistance, nous avons disposé une capacité en verre que l'on remplit de petits fragments de calcaires lutétiens. Ceux-ci laissaient entre eux un vide de 23 litres qui fut rempli par de l'eau chargée de 300^g de fluorescéine (¹). On maintint le contact 24 heures entre le matériau et la solution colorée; puis celle-ci fut vidangée; le calcaire qui ne gardait plus que sa couleur d'imprégnation fut alors arrosé, en pluie, à la partie supérieure de la capacité; celle-ci se remplissait toutes les 20 minutes, puis se vidait par siphonnement; ces éclusées étaient enregistrées électriquement. Le matériau était donc lavé quotidiennement par plus de $1^{m^3},5$ d'eau. Le dispositif a fonctionné 420 jours dont 300 de lavage, coupés de périodes d'arrêt. Il reçut ainsi 500^{m^3} d'eau de la distribution, à Ph neutre, sur laquelle on releva

	Concentration de la fluorescéine en gramme par cm³ d'eau de lavage (²).
Au départ	1.10^{-2}
Après 5 jours de lavage	9.10^{-9}
Après 10 jours de lavage	9.10^{-10}
Du 30ᵉ au 100ᵉ jour	5.10^{-11}

(¹) Sel sodique.

(²) Mesurée à l'arc électrique, après concentration à l'éther.

Au 105e jour, on arrête l'écoulement pendant 5 jours. L'eau qui reste en contact avec le calcaire prend alors, à 1.10^{-8}, une charge de couleur 200 fois plus grande. Au cours des 315 jours qui vont suivre, l'eau de lavage ressortira progressivement à 5.10^{-12} environ. Les arrêts de l'écoulement portant sur des périodes de 10 à 30 jours ne feront plus remonter la concentration de la fluorescéine au delà de 5.10^{-9} (c'est-à-dire 1000 fois).

Mais si, à ce moment, on met le matériau calcaire en contact pendant 4 heures avec de l'eau à pH 5,2, on passe alors de 5.10^{-12} à 1.10^{-8}, c'est-à-dire que l'intensité de la couleur augmente de 2000 fois ou encore que l'eau acide provoque une décharge de fluorescéine deux fois plus grande que l'eau ordinaire.

Or, les exemples existent de réseaux de diaclase qui, alimentant les mêmes résurgences, sont susceptibles de recevoir d'une façon séparée ou concomittante des eaux sauvages, dont les pH sont très différents, suivant leur origine. C'est une autre cause à ajouter aux intumescences de couleur.

La longue persistance de la fluorescéine dans les terres se vérifie donc au laboratoire. De là, la nécessité de connaître l'état de coloration des émergences d'un bassin sourcier, avant toute nouvelle expérience. M. Diénert, pour d'autres raisons, en avait déjà souligné l'intérêt [3]. On a souvent allégué que les eaux engouffrées chargées de fluorescéine en abordant, au cours de leur trajet souterrain, des formations ferrugineuses, s'y dépouillent de leur fluorescéine. En fait, nous avons eu des expériences négatives sur des circulations intéressant l'Hauterivien. Pour vérifier ce fait nous avons constitué une colonne filtrante de $3^{m},50$ de hauteur, formée de sable additionné de 5 pour 100 de colcothar. 20^{l} d'eau à dessein faiblement colorée à 4.10^{-9} de fluorescéine ont repassé pendant 5 jours sur ce filtre, sans qu'on pût observer une atténuation de coloration dans l'eau filtrée. Cette expériences fut répétée avec du sulfure de fer et le même résultat fut observé.

On sait, d'autre part, que certaines eaux ferrugineuses, limpides à leur émission, se troublent progressivement à l'air, puis abandonnent un faible dépôt ocreux. On s'accorde à estimer que ce phénomène est dû à la résolution d'un hydrosol électropositif de fer. Nous avons pris de l'eau titrant 2^{mg} Fe pour 1000, et l'avons additionnée sur place de fluorescéine de façon à obtenir une solution colorée à 1.10^{-8}, puis on a abandonné l'eau à la floculation naturelle pendant 3 jours.

(3) *Comptes rendus*, **166**, 1908, p. 1125.

Le dépôt ocreux d'hydrate ferrique étant séparé par centrifugation, on retrouve dans l'eau stabilisée la totalité de la fluorescéine introduite. Il semble bien que le fer ne puisse pas apporter de perturbations sérieuses dans les expériences de circulation souterraine, poursuivies à l'aide de la fluorescéine.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la périodicité dans l'irrégularité de la rotation de la Terre*. Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étude comparée des pendules de l'Observatoire de Paris (Pa) et des horloges à quartz de l'Institut Physico-Technique de Charlottenburg (Ch) nous a montré qu'il existe des irrégularités dans la rotation de la Terre (1). Nous avons pu continuer notre travail en y introduisant l'étude des pendules de Washington (W) et en y ajoutant les résultats de l'année 1936-1937.

Les écarts de la moyenne des marches mensuelles des horloges par rapport à la marche linéaire calculée sont donnés pour chaque mois et pour chaque année dans le tableau I. Dans la cinquième colonne nous donnons la moyenne pondérée de 1934 à 1937 (Moy.).

Tableau I.

	1934.	1935.	1936.	1937.	Moy.	O–C.
Janvier	»	−0.52	−0.32	+0.11	−0.24	+0.17
Février	»	−1.22	−0.72	+0.11	−0.70	−0.03
Mars	»	−1.99	−1.49	+0.01	−1.30	−0.25
Avril	−0s000.54	−1.32	−0.99	−0.89	−0.99	+0.18
Mai	− 0.49	−0.56	−0.39	−	−0.48	+0.20
Juin	− 0.14	−0.16	+0.21	−	−0.02	−0.33
Juillet	+ 2.41	+0.44	+1.48	−	+1.32	+0.09
Août	+ 2.16	+0.74	+2.01	−	+1.57	+0.05
Septembre	+ 0.66	+1.24	+1.38	−	+1.15	+0.07
Octobre	− 0.94	+0.38	+0.84	−	+0.22	−0.12
Novembre	− 1.14	−0.02	+0.34	−	−0.16	+0.02
Décembre	− 1.29	−0.16	−0.06	−	−0.40	−0.05

On remarque d'après ce tableau qu'il existe une périodicité annuelle dans les écarts. La moyenne du tableau I provient des pendules à

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 39.

poids (Pa, W) et des horloges à quartz (Ch) dont les résidus séparés indiquent la même périodicité (tableau II). Ces résultats ne dépendent pas des Instituts envisagés, étant donné que les marches de leurs horloges sont rapportées à la moyenne de neuf Observatoires. Cette périodicité doit provenir, en majeure partie, de l'irrégularité de la rotation de la Terre. On remarque une augmentation de la vitesse de rotation durant la période qui s'étend du mois de juillet au mois d'octobre et une diminution pendant les autres mois.

Nous avons cherché les périodes annuelle et semi-annuelle, ainsi que la période de 435 jours (période de Chandler) dans l'irrégularité de la rotation de la Terre. La période de Chandler n'est pas apparente. Les périodes annuelle et semi-annuelle donnent la formule

$$(1) \qquad a = -0^s,00112 \sin(t + 3^h,2) + 0^s,00048 \sin 2(t + 2^h,0),$$

où t est compté à partir du 15 janvier et son unité est de 15 jours.

Dans la dernière colonne (O. — C.) du tableau I nous donnons les résidus entre la moyenne de trois années (colonne Moy.) et la formule (1). On voit que la formule (1) représente les irrégularités de la rotation de la Terre avec une erreur moyenne de $0^s,00013$.

Dans le tableau II nous donnons les corrections des horloges (Corr.)

TABLEAU II.

	Pa.	W.	Ch.	Cor.	O-C.
Janvier	$+0^s,000.07$	−0.29	−0.54	$+0^s,033.2$	+3.1
Février	− 0.03	−0.71	−1.37	+ 12.0	+2.1
Mars	− 0.31	−2.31	−1.61	− 27.7	−5.5
Avril	− 0.57	−1.11	−1.24	− 57.8	+0.1
Mai	− 0.97	+0.74	−0.81	− 72.3	+6.1
Juin	− 0.47	+0.89	−0.17	− 72.7	−4.0
Juillet	+ 0.87	+1.54	+1.73	− 32.8	−1.1
Août	+ 1.33	+1.79	+1.66	+ 15.7	+0.5
Septembre	+ 0.70	+0.99	+1.69	+ 50.7	+2.5
Octobre	− 0.07	−0.21	+0.79	+ 57.7	−1.9
Novembre	− 0.27	−0.46	+0.13	+ 52.8	−0.6
Décembre	− 0.23	−0.91	−0.24	+ 40.5	+2.1

imputables aux irrégularités de la rotation de la Terre et les résidus (O. — C.) par rapport à la formule

$$(2) \qquad b = -0^s,06591 \sin(t - 1^h,8) + 0^s,01476 \sin 2t.$$

La Terre est en retard de $0^s,0727$ par rapport à sa position moyenne dans la rotation autour de son axe au mois de juin et en avance de $0^s,0577$ au mois d'octobre, ce qui correspond à l'équateur aux distances de $33^m,7$ et $26^m,8$ respectivement, l'amplitude étant de $60^m,5$.

On peut expliquer ces irrégularités par une variation périodique de la longueur du rayon terrestre. Si la Terre en entier participe à cette variation, il suffit que celle-ci modifie de 4^{cm} la longueur du rayon par rapport à sa valeur moyenne pour que les irrégularités observées dans la rotation se trouvent expliquées. Si la couche extérieure de la Terre participe seule (jusqu'à une profondeur de 100^{km}) au changement du rayon, il faut une variation de 2^m (50 fois plus grande) pour expliquer les irrégularités trouvées.

Les eaux polaires arrivant vers les régions plus basses font varier le moment d'inertie et, par conséquent, peuvent faire varier la vitesse de rotation de la Terre. L'eau polaire, descendant vers l'équateur et élevant la surface de l'océan de 16^{cm} sur une largeur de 25° de chaque côté de l'équateur, ferait varier la vitesse de rotation de la Terre de $0^s,001$ par jour. L'accumulation des neiges et des glaces dans les régions polaires et leur fonte, ainsi que le cycle de la végétation peuvent influencer également la durée de rotation de la Terre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution de l'azote, apparition de l'allantoïnase et de l'uréase dans les germinations de Nielle* (Agrostemma Githago L). Note de MM. **Arthur Brunel** et **Robert Echevin**, présentée par M. Richard Fosse.

Chez le Lupin, dans les premiers stades du développement de la plante, la dégradation des nucléoprotéides de la graine est mise en évidence par l'augmentation des bases puriques et des uréides qui en dérivent, allantoïne et acide allantoïque (1). En nous adressant à l'*Agrostemma Githago* nous nous sommes proposé de comparer, dans les deux espèces, l'évolution de ces diverses formes d'azote pendant la germination.

Les graines de Nielle ont été ensemencées sur terreau, en pots placés à l'obscurité. Deux lots de poids égaux renfermant le même nombre de graines ont été constitués, l'un destiné à l'analyse, l'autre à l'ensemen-

(1) R. Echevin et A. Brunel, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 881.

cement; 1000 graines pesaient, à l'état frais, $15^g,48$, à l'état sec $13^g,98$. La récolte des germinations étiolées, débarrassées de leur tégument, a été faite 21 jours après l'ensemencement, le poids frais de 1000 germinations s'élevait à $196^g,3$; après dessiccation dans le vide sur chlorure de calcium, à la température du laboratoire, ces 1000 germinations fournissent $9^g,26$ de matière sèche.

	1000 graines renferment.	1000 germinations renferment.
	mg	mg
Azote protéique	312,1	179,3
» non protéique	108,8	259,3
» total	420,9	438,6
» de l'ammoniac	4,7	34,7
» des amides	8,3	14,7
» purique	5,4	12,7
» de l'allantoïne	5,7	1,7
» de l'acide allantoïque	0	5,4
» de l'urée	0	0

La plante, végétant à l'obscurité, emprunte au sol une quantité d'azote appréciable, de l'ordre de 50^{mg} (1000 téguments, recueillis en même temps que les germinations, renferment 35^{mg} d'azote).

Au cours de la protéolyse, dans les premiers stades du développement, l'azote amidé, l'azote purique et l'azote ammoniacal augmentent; l'augmentation de l'ammoniac est particulièrement importante : $4^{mg},7$ dans les graines, $34^{mg},7$ dans les germinations.

L'ensemble de l'azote des bases puriques et des uréides glyoxyliques passe de $11^{mg},1$ dans les graines à $19^{mg},8$ dans les plantes.

L'acide allantoïque, qui n'existe pas dans la graine, apparaît dans les germinations en même temps que l'allantoïne diminue; cette transformation est vraisemblablement en rapport avec la présence de l'allantoïnase qui apparaît dans les jeunes plantes. Voici, exprimées en milligrammes de substances transformées, les activités enzymatiques des graines et des germinations :

	Activité enzymatique	
	des graines.	des germinations.
Uricase	non décelable	non décelable
Allantoïnase	id.	5,8
Allantoïcase	id.	non décelable
Uréase	id.	143

L'activité fermentaire de la poudre de graine est nulle à l'égard de l'acide

urique, de l'allantoïne, de l'acide allantoïque et de l'urée; par contre, dans les germinations âgées de 21 jours on rencontre l'allantoïnase et l'uréase. En outre, la teneur en enzymes augmente au cours du développement : dans les germinations de 7 jours, leur activité était moindre, elle s'élevait respectivement à 4,6 et à 90.

En rapprochant ces résultats de ceux que nous avons obtenus avec le Lupin on observe chez les deux espèces, au cours de la protéolyse qui marque le début du développement de la jeune plante, un parallélisme dans l'évolution de certaines formes d'azote et des enzymes : augmentation des bases puriques, apparition ou augmentation de l'acide allantoïque et de l'allantoïne. Dans les germinations des deux espèces on constate, en outre, la présence de l'allantoïnase, de l'uréase et l'absence d'urée.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Renversement de polarité provoqué dans des boutures de* Salix. Note de M. **Joseph Lefèvre**, transmise par M. Émile Schribaux.

Une expérience classique est rapportée par tous les traités de Botanique pour établir chez les végétaux supérieurs l'existence d'une *polarité morphologique* indépendante de la position des organes dans l'espace. Si l'on place verticalement et en atmosphère humide des boutures de saule, les unes orientées normalement, les autres retournées bout pour bout, l'on constate que, quelle que soit la position des rameaux, les racines latérales ne se forment que dans leur partie *morphologiquement* inférieure (ou basale), tandis que les bourgeons se développent d'autant plus activement qu'ils sont plus voisins de l'extrémité *morphologiquement* terminale.

Les auteurs s'accordent à reconnaître le caractère absolu de la *polarité* ainsi manifestée (cette polarité s'observe aussi facilement sur les boutures de racines, et les horticulteurs en tiennent compte lors de leur plantation).

Au cours des dernières années, beaucoup de travaux ont signalé l'action *rhizogène* de nombreuses substances, soit produites par les plantes (auxines, rhizocaline), soit d'origine extérieure, ou qu'il faut tout au moins considérer comme telles, tant qu'il ne sera pas démontré avec certitude que les plantes observées sont capables de les élaborer régulièrement elles-mêmes et à leur propre usage (indol-β-acétique ou hétéro-auxine; acide indol-butyrique; acide indol-propionique, acide naphtalène-acétique, acide phénylacétique ou α-toluique etc.).

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de rechercher si l'application locale d'une substance rhizogène à la partie morphologiquement supérieure d'une bouture ne serait pas capable d'affecter la polarité.

Nous avons choisi pour cette expérience l'acide phényl-acétique, dont l'action rhizogène, particulièrement efficace, a été observée, et nous avons utilisé comme matériel des rameaux de deux ans de *Salix Babylonica L.*

Avec ces rameaux, prélevés en végétation (juin) dépouillés de leurs brindilles, et ne présentant plus que des bourgeons latents peu apparents, nous avons préparé des boutures de 30^{cm} à 35^{cm} de longueur.

Dans un vase renfermant sur 6^{cm} de hauteur une solution d'acide phényl-acétique à 0,2 pour 1000 dans l'eau bi-distillée, nons avons fait plonger pendant 48 heures l'extrémité morphologiquement supérieure des boutures. Après ce traitement et un bon lavage, nous avons disposé les boutures traitées, maintenues la tête en bas, dans les conditions de l'expérience ci-dessus rappelées et à la température du laboratoire.

A partir du troisième jour, leurs bourgeons ont commencé à se gonfler, mais, dès le début, le gonflement apparaissait d'autant plus accentué que les bourgeons étaient plus proches de l'extrémité placée en haut (basale). D'ailleurs, ce premier développement, assez général, ne persista que pour les bourgeons d'une zone basale, longue au maximum d'une dizaine de centimètres. Alors que ces bourgeons débourraient et donnaient de jeunes pousses, ceux situés sur le reste de la bouture, vers l'extrémité morphologiquement supérieure s'arrêtaient dans leur croissance.

Par contre, et dès le cinquième jour, des pointes de jeunes racines latérales apparaissaient dans la partie des boutures placée en bas (*région morphologiquement supérieure*), sur une longueur de 10^{cm} environ. Ces racines, vite suivies par d'autres, et toutes assez irrégulièrement réparties dans la zone indiquée, ont poussé rapidement : l'une d'elles atteignait près de 1^{cm} dès le 6e jour (il y a lieu de noter que sur des boutures-témoins, n'ayant subi aucun traitement, placées dans les mêmes conditions, *mais dans le sens normal*, aucune racine n'était encore apparue au 7e jour).

Les rameaux de saule renfermant, dans la profondeur de leur écorce, de nombreux cônes radiculaires latents, à l'état de méristèmes, l'acide phényl-acétique n'a peut-être pas joué, dans le cas présent, le rôle de *rhizogène*, au sens strict du mot, mais seulement déclenché la reprise de vie active et la croissance des ébauches préformées de racines.

En tout état de cause, son application locale a permis d'observer un renversement très net de polarité.

HISTOLOGIE. — *Sur la présence de fibres musculaires striées dans les artères pulmonaires du Rat et de la Souris.* Note de M. **A. Guieysse-Pellissier**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez le Rat blanc et chez la Souris blanche, j'ai constaté dernièrement que, dans le poumon, l'artère pulmonaire et ses ramifications présentent une musculature tout à fait différente de la musculature actuellement classique des artères. Chez ces deux animaux, on a affaire à des fibres musculaires épaisses, striées, à peu près analogues à celles du cœur.

Chez le Rat, que j'ai surtout étudié, au niveau du hile, l'artère pulmonaire présente une épaisseur d'environ $0^{mm},1$; elle est formée presque uniquement de tissu musculaire : on ne voit en effet qu'une très mince couche de fibres élastiques, supportant les noyaux de l'endothélium très aplatis et difficiles à voir sur une coupe; immédiatement au-dessous, apparaît le tissu musculaire; ce sont d'assez grosses fibres, d'environ 7 à 8 μ de largeur, réunies par petits groupes, de deux ou trois, séparés les uns des autres par de minces cloisons fibreuses; le tout repose sur une bande fibreuse assez dense, toutes ces cloisons étant très riches en fibres élastiques.

Dans une coupe transversale d'artère, ces fibres se montrent coupées sous diverses incidences; le plus souvent elles sont coupées perpendiculairement à leur longueur, mais il n'est pas rare d'en rencontrer qui sont coupées obliquement, ou même tout à fait parallèlement, apparaissant presque entières, lorsque le vaisseau est bien coupé normalement à l'axe. En fait, ces fibres forment autour du vaisseau une sorte de réseau sans direction bien précise.

Cette disposition se poursuit sur des artères très fines ; on peut voir ainsi des artères qui ne mesurent plus que 250 μ présenter encore une couche continue de fibres striées, mais alors il n'y en a plus qu'une seule qui, dans quelques cas, se montre dans toute sa longueur, entourant l'artère en formant ainsi un petit sphincter ondulé.

La structure de ces fibres est la même que celle du cœur; fibres sans sarcolemme, disposées en réseau ; les fibrilles sont très fines, la striation est assez difficile à voir et demande une coloration à l'hématoxyline au fer parfaite; elle présente une alternance de disques clairs et de disques foncés très petits, mais très réguliers. Les noyaux sont centraux, assez clairs, entourés d'une petite zone de protoplasma.

Dans des artérioles, nous avons vu plusieurs fois les fibres musculaires cesser brusquement et n'être pas remplacées par des fibres lisses, le système musculaire s'arrête alors à ce niveau.

Tout ce système est en somme la prolongation de celui des fibres du cœur; il doit donc être animé de battements réguliers et nous signalerons, qu'à la base de l'artère pulmonaire, près du cœur, nous avons rencontré un petit ganglion nerveux accolé à la paroi artérielle.

Les faits sont les mêmes chez la Souris blanche.

Cette disposition nous paraît intéressante, car elle doit certainement entraîner une physiologie spéciale de la circulation pulmonaire chez ces animaux.

D'autre part, on observe aussi d'assez gros vaisseaux, où les fibres musculaires sont lisses; il s'agit là évidemment des veines pulmonaires.

HÉMATOLOGIE. — *Étude mathématique de la cinélyse*. Note de MM. **Maurice Villaret**, **Henri Bénard**, **Louis-Justin Besançon** et Mlle **Andrée Abadi**, présentée par M. Charles Achard.

On entend par cinélyse l'étude de la cinétique de l'hémolyse *in vitro* [1]. Dans cet exposé nous parlerons seulement des courbes de cinélyse telles que nous les avons obtenues grâce au photomètre de Vernes, Bricq et Yvon. Il faut d'abord rappeler qu'avec cet appareil la partie initiale de l'hémolyse échappe à l'examen; nous n'avons donc étudié que la partie restante de la courbe, qui nous a permis seule d'arriver à d'intéressantes conclusions.

Une émulsion globulaire pouvant être assimilée à une suspension de grosses particules, on peut admettre qu'elle obéit aux lois énoncées par Cheneveau et Audubert et que la densité optique D, lue au photomètre, est proportionnelle à la concentration c en globules non hémolysés

$$D = kc,$$

k étant une constante liée à l'appareil.

Or il est facile d'établir que les courbes obtenues en portant en ordonnées les valeurs de la densité optique et en abscisses le temps t compté en secondes

(1) MM. Maurice Villaret, *La Cinélyse;* H. Bénard, L.-Justin Besançon, Mlle A. Abadi, *C. R. de la Soc. de Biol.*, 22, 1937 (sous presse).

sont des hyperboles équilatères d'équation

$$D = \frac{a}{t} + b,$$

a et b étant des constantes.

Cette formule n'est pas valable au voisinage de $t = 0$, mais rend suffisamment compte des résultats expérimentaux à partir de $t = 25$ à 30 pour 100 du temps total d'hémolyse. D'ailleurs, les résultats de Ponder (²) montrent qu'au début la courbe s'incurve un peu en *s* italique.

De l'application de cette formule à de nombreuses courbes correspondant à des cas normaux et pathologiques, on déduit aisément que b varie très peu; c'est une constante de préparation caractérisant la densité optique du milieu examiné sans les globules. Par contre les valeurs de a varient beaucoup suivant chaque sang examiné : a représente donc un facteur spécifique de chaque sang. Et l'on voit, en examinant la formule

$$kc = \frac{a}{t} + b,$$

que, plus a est grand, plus grand est le nombre c de globules non hémolysés à l'instant t. Or, si l'on rappelle que l'allongement du temps d'hémolyse des globules révèle dans la majorité des cas le caractère pathologique de ceux-ci (quant à leur cinétique d'hémolyse), on doit conclure que le facteur a renseigne sur le nombre relatif de globules rouges malades et apporte en clinique un facteur numérique d'altération globulaire.

D'autre part, si l'on trace les courbes de la résistance globulaire en portant en ordonnées les pourcentages y d'hémoglobine sortie et en abcisses les concentrations x des solutions hypotoniques chlorurées, on obtient les courbes bien connues en *s* italique de la résistance globulaire. La quantité z de globules hémolysés peut être considérée comme proportionnelle à l'hémoglobine sortie (l'hémolyse devant être un phénomène brutal, ce que de nombreux auteurs on déjà prouvé). On a donc

$$z = Ky.$$

Si l'on veut connaître les courbes $F(x)$ donnant z en fonction des concentrations x des solutions hypotoniques, on a

$$dz = F(x)\,dx,$$

(²) PONDER, *The Mammalian Red Cells and the Properties of Haemolytic Systems*, Berlin, 1934.

c'est-à-dire que

$$F(x) = \frac{dz}{dx} = K\frac{dy}{dx}.$$

Les courbes $F(x)$ sont donc les courbes dérivées des courbes de résistance globulaire : ce sont des courbes en cloche.

On voit que l'on peut ainsi définir ce que nous appellerons *la sensibilité globulaire*, le nombre de globules détruits pour une variation infiniment petite de concentration saline; cette sensiblité étant donc d'autant plus grande que le nombre de globules détruits pour cette variation est plus grand.

Enfin il est important de constater, en examinant les courbes de cinélyse et les courbes en cloche de sensibilité globulaire, qu'il n'y a entre elles ni entre leurs constantes aucune relation, et que, par conséquent, la cinélyse et la résistance globulaire étudient chacune un aspect bien différent du phénomène hémolytique.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'action antiglycogénolytique de l'insuline.* Note de M. **Léon Képinov**, présentée par M. Paul Portier.

Dans des Notes [1] sur la synergie de l'adrénaline et de l'hormone hypophysaire, nous avons mis en évidence le mécanisme même de l'action glycogénolytique de l'adrénaline et l'importance considérable du lobe antérieur de l'hypophyse dans ce mécanisme.

Nos recherches ont démontré que le foie de grenouille normale contient une substance nécessaire à l'adrénaline pour exercer son action glycogénolytique, et nous avons pu apporter la preuve que cette substance est l'hormone hypophysaire. En effet, le glycogène du foie (et très probablement le glycogène du muscle) n'est attaquable ni par l'adrénaline en l'absence d'hormone hypophysaire ni par l'hormone hypophysaire en l'absence d'adrénaline. La glycogénolyse dans l'organisme est normalement déterminée par une action couplée de ces deux hormones, c'est-à-dire par la synergie de l'adrénaline et de l'hormone hypophysaire. Dans cette synergie l'action glycogénolytique proprement dite appartiendrait, croyons-nous, à l'adrénaline, tandis que le rôle de l'hormone du lobe antérieur de l'hypophyse serait d'exercer sur le glycogène une influence telle qu'elle le rendrait attaquable par l'adrénaline.

---

(1) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 808 et 1218.

A ce système hyperglycémiant, adrénaline, hormone hypophysaire, s'oppose, dans le mécanisme de la régulation de la glycémie, un facteur antagoniste, hypoglycémiant : l'insuline.

En nous basant sur les résultats de nos expériences mentionnées ci-dessus, et en tenant compte de l'antagonisme de l'hormone hypophysaire et de l'insuline, nous nous sommes demandé si l'insuline, dans son action hypoglycémiante, n'intervenait pas dans le mécanisme de la glycogénolyse *hypophyso-adrénalinique* dans un sens opposé à celui de l'hormone hypophysaire.

Nous avons étudié l'influence de l'insuline sur l'action glycogénolytique de l'adrénaline par le procédé de perfusion du foie de grenouille tel que nous l'avons antérieurement appliqué.

Au cours de ces expériences, nous perfusons le foie de grenouilles normales (grenouilles de la saison d'été) pendant les 30 premières minutes avec du liquide Locke-Tyrode pur et exempt de sucre, puis, après avoir recueilli, en 8 minutes, pour le dosage du glucose, un échantillon de 25$^{cm^3}$ du liquide sortant du foie, nous continuons la perfusion avec 100$^{cm^3}$ de Locke-Tyrode, additionné de 3 unités cliniques d'insuline (2); au bout de 12 minutes nous effectuons un deuxième prélèvement de 25$^{cm^3}$ de perfusat. Dès que cet échantillon est prélevé (en 8 minutes) nous introduisons dans le courant du liquide de perfusion contenant l'insuline 1$^{cm^3}$ d'une solution d'adrénaline à 1 pour 1000000. Lorsque ce liquide de perfusion est presque totalement utilisé (3-4 minutes après l'injection d'adrénaline) nous poursuivons la perfusion avec du liquide Locke-Tyrode pur. Nous commençons, 11-12 minutes après l'injection de l'adrénaline, le prélèvement du 3e échantillon pour le titrage du glucose. Ainsi l'injection d'adrénaline est effectuée 50 minutes après le début de l'expérience de perfusion.

Les résultats des expériences ainsi conduites nous ont montré que l'adrénaline injectée tout au début de la perfusion ne provoque plus de glycogénolyse dans un foie ayant subi l'influence de l'insuline pendant une vingtaine de minutes. En effet, dans 9 expériences sur 12, l'injection de l'adrénaline ne provoque aucune augmentation de glucose dans le liquide sortant du foie; dans trois seulement, elle ne détermine qu'une faible augmentation (1^{mg},1 à 1^{mg},2 de glucose dans 100$^{cm^3}$ de perfusat).

(2) L'insuline employée est l'*Endopancrine* Deslandre.

Ainsi un foie de grenouille normale soumis à l'action de l'insuline se comporte vis-à-vis de l'action glycogénolytique de l'adrénaline comme le foie de grenouille hypophysectomisé, ou comme le foie de grenouille normale longuement lavé.

Dans 9 expériences témoins réalisées en même temps que les précédentes sur des grenouilles du même stock, l'injection de l'adrénaline, effectuée exactement dans les même conditions, mais toutefois en l'absence d'insuline, provoque une glycogénolyse dont le taux moyen est de $4^{mg},38$ pour 100^{cm^3}.

Les résultats de ces expériences nous permettent de conclure que l'insuline empêche l'effet glycogénolytique de l'adrénaline, *c'est-à-dire possède une action antiglycogénolytique*. Ils montrent en outre que l'insuline et l'hormone hypophysaire sont antagonistes non seulement par l'effet final de leur action, mais aussi par leur mode d'action. L'insuline, de même que l'hormone hypophysaire, agit sur la glycogénolyse adrénalinique, mais dans un sens opposé : tandis que l'hormone hypophysaire rend possible cette glycogénolyse, l'insuline l'empêche et contribue, par ce mécanisme, à diminuer la production du glucose, et ainsi à abaisser le taux de la glycémie.

Nous poursuivons actuellement l'étude de l'influence de l'hormone hypophysaire et de l'extrait tissulaire sur l'action antiglycogénolytique de l'insuline.

HÉMATOLOGIE. — *Leucocytose nutriciale chez les Reptiles en mauvaise condition de captivité.* Note de M. **René Salgues**, présentée par M. Charles Achard.

Au cours de nos examens de sang, nous avons constaté d'assez fortes variations numériques et morphologiques chez des sujets de même espèce, d'âge à peu près égal, selon que l'on s'adressait à des spécimens capturés depuis peu ou conservés en captivité pendant plusieurs semaines. Certes, nous n'ignorions pas que beaucoup de causes pouvaient les justifier, même en présence d'un bon état de santé apparent. La répétition régulière d'un même fait dans une multitude d'observations nous autorise à affirmer l'existence d'une leucocytose légère, de règle chez plusieurs espèces en captivité se comportant mal par refus de nourriture, leucocytose du type lymphocytose.

Nos expériences ont porté sur deux espèces de Lézards, *Lacerta vivipara* et *L. viridis*, et deux espèces de Serpents, *Vipera aspis* et *Tropidonotus viperinus*. Tous autres facteurs intervenant à égalité, l'on s'aperçoit que maintenus en captivité, *Lacerta vivipara* ne s'alimente qu'irrégulièrement ou même plus du tout et que *Vipera aspis* refuse toute nourriture; que, au contraire, *Lacerta viridis* et *Tropidonotus viperinus* vivent, s'agitent et chassent leur proie comme à l'habitude, mieux même, puisque dans un espace restreint, milieu aérien pour le premier et aquatique pour la seconde, ils trouvent à portée une nourriture copieuse, constamment renouvelée et à discrétion.

Estimant, en moyenne, d'après nos recherches propres, pour des sujets *récemment capturés*, à 1 132 000 le nombre d'érythrocytes et à 8300 celui des leucocytes chez *Lacerta vivipara*, soit 1 gl. bl. pour 136 gl. rouges; 850 000 et 6100 chez *L. viridis*, soit 1 gl. bl. pour 139 gl. rouges; 1 410 000 et 7300 chez *Vipera aspis*, soit 1 gl. bl. pour 193 gl. rouges; 909 000 et 5400 chez *Tropidonotus viperinus*, soit 1 gl. bl. pour 168 gl. rouges, nous trouvons, pour des sujets *conservés* pendant quelques semaines *en captivité*, 1 100 000 érythrocytes et 11 400 leucocytes chez *Lacerta vivipara*, soit 1 gl. bl. pour 96 gl. rouges; 830 000 et 6000 chez *L. viridis*, soit 1 gl. bl. pour 138 gl. rouges; 1 310 000 et 10 000 chez *Vipera aspis*, soit 1 gl. bl. pour 131 gl. rouges; 1 000 000 et 5400 chez *Tropidonotus viperinus*, soit 1 gl. bl. pour 185 gl. rouges.

Nous concluons, par rapprochement de ces indices, à une leucocytose sans anémie concomitante chez les Reptiles, privés de liberté, mangeant mal et même refusant de s'alimenter, leucocytose imputable seulement à ce dédain prononcé pour la nourriture, puisque nous n'observons aucune modification du taux de globules blancs chez les espèces qui, placées dans les mêmes conditions de stabulation, acceptent de s'alimenter.

Les frottis, colorés au May Grumwald-Giemsa ou au Triacide d'Ehrlich, montrent, chez *Lacerta vivipara* captif et *L. viridis*, à côté de lymphocytes typiques moyens et petits, d'autres plus grands à noyau nettement coloré et à cytoplasme hyalin sans granulations, tous en proportions plus fortes que normalement chez *Lacerta vivipara*. L'augmentation paraît se faire aux dépens des mononucléaires, des éosinophiles, plus réguliers de dimensions qu'à l'ordinaire, des basophiles.

	Lacerta vivipara		*Lacerta viridis*	
	Libre.	Captif.	Libre.	Captif.
Lymphocytes	62	85	74	74
Mononucléaires	7	2	8	7,5
Eosinophiles	12	2,5	12	12
Neutrophiles	8	7	3	2,5
Basophiles	9,5	3,5	3	2,5
Divers	1,5	»	»	1,5

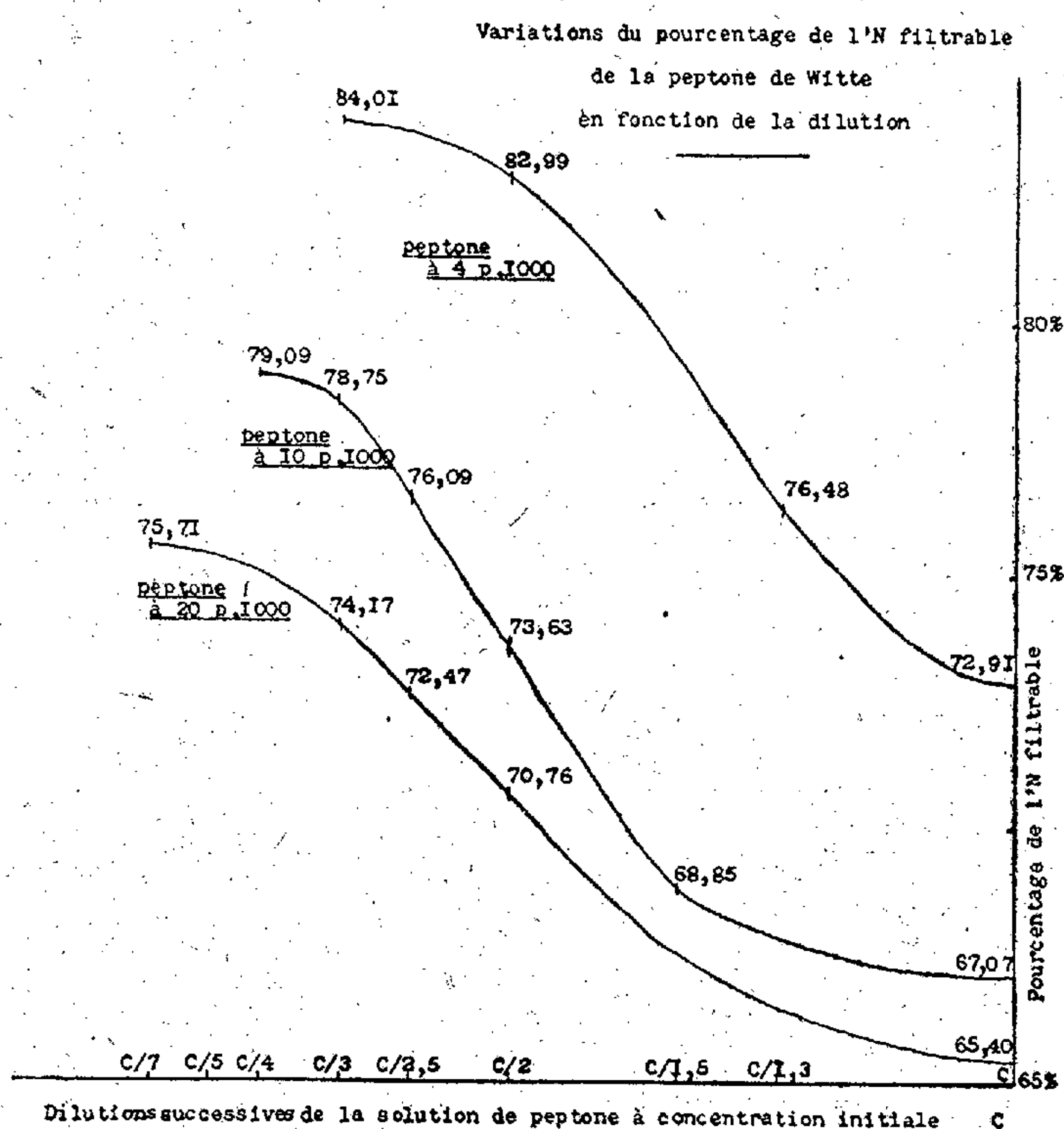
Traités dans les mêmes conditions, les frottis de sang de *Vipera aspis* laissent apercevoir un très grand nombre de lymphocytes vrais, moyens, mais surtout petits, plus élevé chez l'animal captif avec toutefois moins de lymphocytes spécialisés, l. neutrophiloïdes de Lœwenthal. L'accroissement du taux lymphocytaire entraîne une diminution du nombre des éosinophiles, plus gros, à granulations en bâtonnet et à noyau excentrique, de celui des basophiles, très petits, paraissant dépourvus de noyau et à granulations vivement teintées et surtout de celui des neutrophiles. Chez *Tropidonotus viperinus*, l'on constate peu de différences entre les frottis de sang des sujets captifs ou libres. Le Giemsa met remarquablement en évidence les granulations des neutrophiles. Les proportions des divers éléments sont maintenues, sauf peut-être en ce qui concerne les grands mononucléaires, dont le nombre paraît réduit.

	Vipera Aspis.		*Tropidonotus Viperinus.*	
	Libre.	Captif.	Libre.	Captif.
Lymphocytes	36	71	40	43
Mononucléaires	5	5	3	1
Éosinophiles	21	11	7	8
Neutrophiles	33	9,5	32	25
Basophiles	5	3	16,5	22
Divers	–	0,5	1,5	1

Cette lymphocytose nutriciale *par inappétence* n'avait pas été, que nous sachions, mise encore en relief. Ces modifications morphologiques n'ont d'ailleurs rien à voir avec celles observées au cours du jeûne hibernal; nous discuterons celles-ci dans une contribution prochaine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'adsorption des polypeptides par les protéides. Comportement d'une solution de peptone.* Note [1] de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Lorsque des polypeptides sont déversés en quantités importantes dans le sang (par exemple à la suite de la nécrobiose de tissus néoplasiques par les rayons X et leur résorption), on doit s'attendre logiquement à déceler,



par les méthodes de dosage d'usage courant, l'augmentation du taux de ces polypeptides dans le plasma sanguin.

Or, l'emploi des méthodes de dosage habituelles ne permet pas ordinairement de déceler cet excès supposé de polypeptides dans le plasma.

---

(1) Séance du 21 juin 1937.

On peut donc se demander si, en présence de protéides, les polypeptides restent à l'état libre ou si, au contraire, adsorbés par les protéides, ils suivent le sort de ceux-ci lors de la défécation et échappent ainsi au dosage.

Nous avons d'abord étudié le comportement d'une solution de peptone de Witte. On sait qu'une telle solution est constituée par un mélange de produits de désagrégation, à divers degrés, de protéides, depuis les acides aminés simples jusqu'à certaines grosses fractions encore colloïdales et précipitables par le sulfate d'ammonium à saturation. L'addition d'un volume égal d'acide trichloracétique à 20 pour 100 précipite une partie de la solution peptonique, le restant de l'azote étant filtrable.

Or, si l'on dilue progressivement la solution initiale de peptone et si l'on répète, bien entendu en présence d'une concentration constante de déféquant, le dosage sur des prélèvements contenant une quantité d'azote total constante, il est remarquable que le taux de l'azote filtrable présente une augmentation caractéristique dans une certaine zone de concentration (voir la figure). De part et d'autre de cette zone, l'effet de la dilution s'atténue et la courbe traduit une ascension localisée entre deux plateaux.

Il en résulte que le rapport N filtrable/N total n'est ni constant ni directement proportionnel à la concentration. Il lui est relié par une fonction complexe assimilable à l'expression de Freundlich ($X/M = aC^n$) et représentée par les courbes ci-contre. On est donc en droit de considérer ces variations comme la conséquence de l'adsorption des peptides filtrables sur les fractions colloïdales de la solution; plus exactement, l'allure des courbes traduit les variations du rapport

$$\frac{\text{N des peptides adsorbés}}{\text{N des protéides adsorbants}}$$

en fonction de la concentration.

En résumé, dans une solution de peptone mettant en présence des polypeptides et des protéides, une partie des polypeptides est fixée par adsorption sur les protéides et échappe au dosage parce qu'elle est floculée en même temps que la partie colloïdale lors de la défécation.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1937.

L'Anaphylaxie expérimentale et humaine, par PASTEUR VALLERY-RADOT, G. MAURIC et Mme HOLTZER (ex-HUGO). Paris, Masson et Cie, 1937; 1 vol. 24cm,5 (présenté par M. F. Mesnil).

La médecine morphologique, par A. THOORIS. Paris, G. Doin et Cie, 1937; 1 vol. 27cm (présenté par M. E. Leclainche).

Volume publié à la Mémoire de *Julien Costantin* (1857-1936), par LOUIS BLARINGHEM, in *Annales des Sciences naturelles*, 10e série, t. XIX, *Botanique*. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 vol. 25cm (présenté par M. M. Molliard).

La Marine française, par MARC BENOIST, in *Collection « La France vivante »*. Paris, J. de Gigord, s. d.; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

L'Aviation militaire française, par PIERRE BARJOT, in *Collection « La France vivante »*. Paris, J. de Gigord, s. d.; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

L'Aviation civile française, par JEAN ROMEYER, in *Collection « La France vivante »*. Paris, J. de Gigord, s. d.; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

Le Rail, la Route et l'Eau, par JULES ANTONINI, in *Collection « La France vivante »*. Paris, J. de Gigord, s. d.; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

L'Armée française, in *Collection « La France vivante »*. Paris, J. de Gigord, s. d.; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

Des Anticipations de Jules Verne aux Réalisations d'aujourd'hui, par A. JACOBSON et A. ANTONI, in *Collection « La France vivante »*. Paris, J. de Gigord, s. d.; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. G. Claude).

La Métallurgie et les Mines, par LÉON GUILLET, in *Collection « La France vivante »*. Paris, J. de Gigord, s. d.; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

Précis de Biologie végétale, par A. GUILLIERMOND et G. MANGENOT. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 vol. 20cm (présenté par M. A. Guilliermond).

Chaleur solaire et Chaleur terrestre, par C. MAIRIN. Château-Thierry, Imprimerie moderne Gaston Cagniard, 1937; 1 fasc. 20cm,5.

Catalogue des manuscrits de la Société de médecine et de chirurgie de La Rochelle, par le Dr JEAN TORLAIS. La Rochelle, Imprimerie de l'Ouest, 1937; 1 fasc. 24cm.

Hérédité, Mutation et Évolution. L'œuvre de Hugo de Vries, présentée au Palais de la Découverte de l'Exposition internationale de Paris, 1937, par LOUIS BLARINGHEM, P. BERTRAND, P. GUÉRIN, TH. J. STOMPS. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 fasc. 20cm.

La zone géodésique antipode, par E. FICHOT et P. GERSON. Extrait des *Annales hydrographiques* de 1937, no 1329. Paris, Imprimerie nationale, 1937; 1 fasc. 23cm.

La fluorescence en biochimie, par CHARLES DHÉRÉ, in *Les Problèmes biologiques*,

t. XXI. Paris, Les Presses universitaires de France, 1937; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Lapicque).

Contribution à l'étude des Réserves naturelles et des Parcs nationaux, par A. Aubreville, A. Barbey, E. N. Barclay, C. Bressou, P. Chouard, J. et M.-L. Dufrénoy, F. Evrard, A. Feuillée-Billot, J. Fudakowski, H. Humbert, L. Joleaud, A. Joubert, L. Lavauden, P. Marié, G. Petit, P. de Peyerimhoff, E. G. Racovitza, M. Tallon, C. Valois, V. Van Straelen, P. Vayssière, in *Société de biogéographie,* t. V. Paris, Paul Lechevalier, 1937; 1 vol. 25cm (présenté par M. A. Chevalier).

The Reactions of Pure hydrocarbons, par Gustav Egloff. New-York, Reinhold publishing Corporation, 1937; 1 vol. 23cm,5.

British Polar Year Expedition Fort Rae, N. W. Canada, 1932-1933, publié sous la Direction de The British national Committee for the Polar Year. Vol. I, *Discussion of Results;* vol. II, *Tables.* London, The Royal Society, 1937; 2 vol. 31cm,5 (en langue anglaise).

Barrages, par Léopold Escande. Paris, Hermann et Cie, 1937; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. Ch. Camichel).

Carte géologique de la Suisse, 1/25000e feuille : 485 *Saxon-Morcles,* par M. Lugeon, E. Argand, N. Oulianoff, M. Reinhard, E. Poldini. Berne, A. Franke S. A., 1937; 1 pl. 65cm × 97cm,5.

Atlas géologique de la Suisse 1/25000e, feuille : 485 *Saxon-Morcles,* avec annexe de la feuille : 526 *Martigny. Notice explicative,* par Maurice Lugeon et Émile Argand. Berne, A. Francke S. A., 1937; 1 fasc. 21cm,5.

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1936.)

Note de MM. *Paul Laffitte* et *André Parisot*, Sur la détonation du nitrate d'ammonium :

Page 1518, tableau, *au lieu de*

Penthrite.

60	3620	80	2730
70	2660	90	1600

lire

60	3590	80	2470
70	2750	90	1920

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JUILLET 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 2 juillet 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Henri Colin** pour occuper dans la Section de Botanique la place vacante par le décès de M. *L. Mangin*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Henri Colin** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Michel Plancherel**, de l'École Polytechnique de Zürich, M. **Richard de Misès**, Professeur de l'Université d'Istanbul, M. **Marcel Riesz**, Professeur de l'Université de Lund, et M. **William Threlfall**, Professeur de l'Université de Dresde, qui assistent à la séance.

M. **Émile Picard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Trajan Lalesco, intitulé *La Géométrie du triangle. La Géométrie d'Euler. La Géométrie récente. Les Théories générales. La Métrique du triangle*, avec une *Lettre* de M. Émile Picard et une *Préface* de M. Georges Tzitzéica.

NOMINATIONS.

MM. **G. Urbain**, **J. Perrin**, **P. Langevin** sont désignés pour représenter l'Académie à la *Première réunion internationale de Physique et de Chimie*, au Palais de la Découverte, du 30 septembre au 7 octobre 1937.

M. H. **Vincent** est désigné pour représenter l'Académie dans la *Section de Médecine expérimentale* au Conseil supérieur de la Recherche scientifique.

COMMISSIONS.

La Commission de la fondation Villemot pour l'année 1937, constituée conformément au règlement, comprendra MM. E. **Leclainche**, A. **Cotton**, Ém. **Picard**, A. **Lacroix**; P. **Montel**, H. **Villat**, E. **Esclangon**, R. **Bourgeois**, R. **Lespieau**, Ch. **Jacob**, M. **Molliard**, P. **Marchal**, H. **Vincent**, M. **d'Ocagne**, P. **Weiss**, L. **Guillet**.

CORRESPONDANCE.

Le **Président** et les Membres du **Harvard College**, par l'organe de M. E. **Cartan**, font hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *The Tercentenary of* Harvard College, *a Chronicle of the Tercentenary Year* 1935-1936.

GÉOMÉTRIE. — *Sur des faisceaux de courbes des trois barres.* Note [1] de M. **Anton E. Mayer**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Étant donné dans le plan deux barres (manivelles) pivotant respectivement autour de leurs extrémités fixes F_2, F_3 tandis que les extrémités mobiles sont reliées par la base (bielle) d'un triangle rigide non dégénéré, on sait que le sommet opposé décrit une sextique tricirculaire dite *courbe des trois barres*. La courbe possède trois foyers F_i ($i = 1, 2, 3$), points de rencontre réels de ses tangentes aux points cycliques I, J, et, en se limitant au cas général, trois points doubles D_i. Une propriété caractéristique des triangles $\{D_i\}$, $\{F_i\}$ est leur inscription dans un cercle c, de telle sorte que leurs côtés d_i, f_i soient tangents à une parabole [2]. Les courbes des trois barres admettant les mêmes triplets $\{D_i\}$, $\{F_i\}$ constituent, ainsi que S. Roberts [2] l'avait déjà remarqué, un *faisceau linéaire*

---

[1] Séance du 5 juillet 1937.

[2] S. Roberts, *Proc. London Math. Soc.*, 7, 1876, p. 14-23; A. Cayley, *ibid.*, p. 136-166 et *Coll. Math. Pap.*, 9, Cambridge, 1896, p. 551-580.

ponctuel $\mathcal{F}$; mais, autant que j'ai pu m'en rendre compte, de tels faisceaux n'ont pas, jusqu'à présent, été étudiés plus à fond ([3]), bien que l'on puisse fonder sur eux d'intéressantes constructions, ainsi que je l'ai développé ([4]) les démonstrations de la plupart des propositions que nous donnons par la suite s'y trouveront aussi contenues.

1° *Les tangentes aux courbes de* $\mathcal{F}$ *au point double* D_i (supposé réel) *se correspondent dans une involution* q_i à rayons doubles réels dont l'un est tangent à c tandis que l'autre est la tangente de rebroussement d'une courbe de $\mathcal{F}$.

Pour que q_i soit une symétrie, il est nécessaire et suffisant que $D_i = F_i$ et $d_i \diagdown f_i$ ([5]). Par suite, les trois involutions q_i sont des symétries dans le cas, et seulement dans le cas, où $\{D_i\} = \{F_i\}$ ([6]), ce qui est équivalent au fait que $\mathcal{F}$ contient une courbe décomposée en trois paires de droites isotropes conjuguées.

2° Plus utiles du point de vue des constructions sont *les involutions déterminées par* $\mathcal{F}$ *sur les droites et sur les coniques à équations réelles* dénombrées ci-après :

(2.11) Les droites isotropes issues des points du triplet $\{F_i\}$ qui n'appartiennent pas au triplet $\{D_i\}$.

(2.12) Les droites d_i. Chacune d'elles est coupée par toute courbe de $\mathcal{F}$ en deux points variables (les points fixes mis à part) appartenant à une involution Q_i. $\mathcal{F}$ contenant une courbe double constituée par c et la droite à l'infini IJ comptés deux fois, Q_i est toujours une *symétrie*. Le point double à distance finie T_i de Q_i est la projection de l'orthocentre du triangle $\{F_i\}$ sur d_i. La courbe de $\mathcal{F}$, qui possède un rebroussement en D_i vient toucher d_i en T_i.

(2.21) Les cercles non réduits à un point dont le centre appartient au triplet $\{F_i\}$ et qui passent par un point, et un seul, de $\{D_i\}$.

(2.22) Les cercles qui contiennent deux points de $\{D_i\}$, et deux seulement, et dont le centre n'appartient pas à $\{F_i\}$. $\mathcal{F}$ découpe sur ces cercles

---

([3]) Même pas dans les travaux approfondis modernes sur les courbes des trois barres de G. T. Bennett et F. V. Morley. Voir A. Haarbleicher, *J. Éc. Pol.*, 2e série, **31**, 1933, p. 13-40.

([4]) *Math. Zeitschrift*, **43** (sous presse).

([5]) En supposant une répartition convenable des indices.

([6]) Cas important pour la synthèse de mécanismes; voir H. Alt, *Z. angewandte Math. u. Mechan.*, **1**, 1921, p. 373-398.

des *symétries*. Les involutions Q_i peuvent en être considérées comme des cas limites.

3° Si l'on établit entre deux des involutions Q_i, disons entre Q_1 et Q_2, *une relation faisant correspondre entre eux les couples de points de* Q_1 *et* Q_2 *situés sur la même courbe de* $\mathcal{F}$, la correspondance ainsi définie *est une homographie ;* pour la connaître, il suffit de mettre en évidence les points de rencontre de d_1 et d_2 avec trois courbes de $\mathcal{F}$: la courbe décomposée en c et IJ comptés deux fois fournit aisément un couple, et il en est de même des autres courbes décomposées de $\mathcal{F}$, s'il s'en présente (cf. 1° et 4°).

4° Il peut arriver que les homographies entre les Q_i soient simplement des *congruences ;* dans ce cas toute courbe de $\mathcal{F}$ découpe sur les droites d_i des segments égaux. Cette propriété pour le faisceau [appelons-la (4.1)] est équivalente à l'une quelconque des propriétés suivantes :

(4.2) $\mathcal{F}$ contient une courbe décomposée en trois cercles réels.

(4.3) $\{F_i\}$ est le triangle médian, $\{D_i\}$ le triangle orthique et c le cercle de Feuerbach d'un seul et même triangle.

(4.4) $\mathcal{F}$ contient une courbe des trois barres dont les points doubles sont points de rebroussement.

5° Comme jusqu'à présent on ne connaît de telles courbes guère plus que leur existence (¹), nous allons indiquer quelques propriétés des *courbes des trois barres à trois rebroussements*.

Les trois points D_i étant fixés, il existe quatre courbes des trois barres les admettant comme rebroussements. Deux quelconques d'entre elles ont un foyer en commun, tandis que les autres foyers occupent des positions diamétralement opposées sur c. Chacune des régions limitées dans le plan projectif par les droites d_i contient une de ces courbes; celles situées dans les régions non bornées comprennent deux branches distinctes; la quatrième admet une ou deux branches, le cas de passage étant constitué par une courbe unicursale.

Toute courbe des trois barres à trois rebroussements Γ touche aux points T_i aussi bien les droites d_i que les cercles inscrits ou exinscrits de $\{D_i\}$ situés dans les régions ne contenant pas Γ. En outre, Γ est tangente au cercle de centre F_i passant par D_i (⁷), lorsque celui-ci n'est pas réduit à un point, le point de contact étant son second point de rencontre avec D_iT_i. Cette droite D_iT_i contient un point de Nagel de $\{D_i\}$. Les tan-

(⁷) La correspondance entre les indices étant celle impliquée par (4.3).

gentes de rebroussement de Γ concourent en un point qui est le conjugué isogonal de ce point de Nagel relativement à $\{D_i\}$.

Les trois systèmes engendrant Γ ont des bielles dont les longueurs sont respectivement les moitiés de celles des côtés de $\{D_i\}$.

THÉORIE DES VARIÉTÉS NON HOLONOMES. — *Étude ultérieure d'un faisceau de transformations infinitésimales* (1). Note (2) de Mme **Christiane Pauc**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous voulons généraliser, au cas d'une variété non holonome V_n^m d'un espace de Riemann V_n, la considération des *transformations infinitésimales géodésiques* introduites par M. Vessiot (3) dans l'étude d'un tel espace. Elles indiquent la variation de tout élément linéaire issu d'un point M, suivant une loi dépendant du déplacement de M et qui n'est autre que la loi du transport parallèle de Levi-Civita; la notion de courbure riemannienne de l'espace se trouve directement introduite par leurs crochets.

Dans une V_n^m, les courbes géodésiques sont données par

$$du^h = \gamma_{k,l}^h u^k \, ds^l \qquad \text{où} \quad u^h = \frac{ds^h}{ds},$$

et il est naturel de prendre cette formule pour loi de transport parallèle des vecteurs intérieurs à la variété, $u^h \Lambda_h$, déplacés tangentiellement à elle (ds^l). [*Parallélisme intérieur* (4)].

Généralisons-la, suivant un déplacement quelconque (ds^h, $ds^{h'}$), et pour un vecteur également quelconque issu de M, $u^\alpha \Lambda_\alpha$.

On pourra prendre

$$du^\alpha = \gamma_{\beta\gamma}^{*\alpha} u^\beta \, ds^\gamma,$$

avec

$$\left.\begin{aligned} \gamma_{k\gamma}^{*h} &= \gamma_{k\gamma}^{h} \\ \gamma_{k'\gamma}^{*h'} &= \gamma_{k'\gamma}^{h'} \end{aligned}\right\} \qquad \gamma_{k\gamma}^{*h'} = \gamma_{k'\gamma}^{*h} = 0 \qquad (\gamma \text{ est, ou non, accentué}),$$

pour que soient respectés dans ce transport :

1° le caractère de vecteur intérieur et celui de vecteur extérieur;

2° les angles et les distances.

(1) Cf. ma Note des *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1027.

(2) Séance du 5 juillet 1937.

(3) E. Vessiot, *Journ. de Math.*, 8, 1929, p. 251.

(4) G. Vranceanu, *Mém. des Sc. Math.*, 76, 1936, p. 22.

Remarquons que ce transport, englobant le parallélisme intérieur ci-dessus défini, ne se confond pas avec le parallélisme à l'intérieur de V_n; mais que « le vecteur parallèle d'un vecteur intérieur (extérieur) est donné par la projection sur les congruences fondamentales (de non holonomie) du vecteur parallèle dans V_n ». [*Connexion rigide* de MM. Schouten et Kampen ([5]).]

Les transformations infinitésimales, que l'on peut ainsi associer à celles d'un faisceau donné

$$X_h f = \Lambda_h^i \frac{\partial f}{\partial X^i},$$

seront

$$T_h f = \Lambda_h^i \frac{\partial f}{\partial x^i} + \gamma_{m,h}^a u^m \frac{\partial f}{\partial u^a} + \gamma_{m',h}^{a'} u^{m'} \frac{\partial f}{\partial u^{a'}}.$$

Les géodésiques de la V_n^m en constituent les trajectoires principales. Le crochet de deux d'entre elles donne

$$[T_h f, T_k f] = \varpi_{hk}^{l'} \left(\Lambda_{l'} \frac{\partial f}{\partial x^i}\right) - R_{m,kk}^a u^m \frac{\partial f}{\partial u^a} - R_{m',hk}^{a'} u^{m'} \frac{\partial f}{\partial u^{a'}},$$

où les $\varpi_{hk}^{l'} = \gamma_{hk}^{l'} - \gamma_{kh}^{l'}$ sont les tenseurs de torsion ou d'intégrabilité et où les $R_{\mu,hk}^\alpha$ sont les coefficients à 4 indices de Ricci relatifs aux congruences fondamentales (α, μ non accentués) ou de non holonomie (α, μ accentués) :

$$R_{\mu,hk}^\alpha = \frac{\partial \gamma_{\mu h}^\alpha}{\partial s^k} - \frac{\partial \gamma_{\mu k}^\alpha}{\partial s} + \gamma_{\mu h}^b \gamma_{bk}^\alpha - \gamma_{\mu k}^b \gamma_{bh}^\alpha,$$

où b est de même nature que α et μ.

Le *dérivé du faisceau des transformations* T possède donc l'intérêt d'introduire directement les notions de *torsion* et *courbure*, par le fait que les T indiquent simultanément le déplacement du point et la variation des vecteurs qui lui sont attachés.

En effet, d'une part, le parallélogramme construit sur les déplacements $pq = ds^h \Lambda_h$, $pr = \delta s^k \Lambda_k$ a pour cinquième côté

$$st = - \varpi_{h,k}^{l'} [ds^h, \delta s^k] \Lambda l',$$

et d'autre part le vecteur $u^\alpha \Lambda_\alpha$, transporté le long du parallélogramme non fermé *sqprt*, admet pour variations de projections

$$du^\alpha = R_{\mu,hk}^\alpha u^\mu [ds^h, \delta s^k].$$

([5]) *Loc. cit.*, p. 33 et 35.

On calcule aisément, du reste, leurs variations le long du pentagone fermé *prtsqp*; les expressions $R^{\alpha}_{\mu,hk}$ se trouvent, en vertu de la loi de transport admise, remplacées par

$$R^{\alpha}_{\mu,hk} + \gamma^{\alpha}_{\mu l'} w^{l'}_{hk},$$

c'est-à-dire par les *tenseurs de courbure rigide* de M. Schouten.

Remarquons que les cas d'holonomie ($w^{l'}_{hk} = 0$) ramènent à la courbure riemannienne des variétés holonomes plongées dans un espace de Riemann ([6]).

Enfin, du fait que la loi du transport parallèle présente, mis à part le parallélisme intérieur, des arbitraires, il est possible d'imaginer autant de faisceaux prolongés $\mathfrak{C}$ que de connexions diverses dans la V^m_n. Dans chaque cas, le dérivé d'un tel faisceau introduit directement la torsion et la courbure d'une telle connexion.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination du saut d'une fonction par le développement en série d'Hermite.* Note ([1]) de M. **Jacob**, présentée par M. Hadamard.

M. Lukács ([2]) a démontré pour les séries de Fourier le théorème suivant : *Soit $f(x)$ une fonction intégrable de période 2π et soit*

$$(1) \qquad f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{\nu=1}^{\infty}(a_\nu \cos\nu x + b_\nu \sin\nu x)$$

sa série de Fourier. Si la fonction $f(x)$ admet au point $x = a$ un saut D_a défini par la formule

$$(2) \qquad \lim_{h=0} \frac{1}{h}\int_0^h |f(a+t) + f(a-t) - D_a|\,dt = \lim_{h=0}\frac{1}{h}\int_0^h |\Psi(t)|\,dt = 0,$$

on a

$$(3) \qquad \lim_{n=\infty} \frac{\sigma_n(a)}{\log n} = \frac{D_a}{2\pi},$$

où $\sigma_n(x)$ est la $n^{\text{ième}}$ somme partielle de la série conjuguée à (1).

([6]) E. Cartan, *Mém. des Sc. Math.*, 9, 1925, p. 48.

([1]) Séance du 21 juin 1937.

([2]) F. Lukács, *Crelles Journal*, 150, 1920, p. 107-112.

Je me propose d'établir ici un théorème analogue pour les développements en série d'Hermite.

THÉORÈME I. — *Si* $f(x)$ *et* $e^{-\frac{x^2}{2}}|f(x)x^{-1}|$ *sont intégrables respectivement pour* $|x| \leqq a_1$ *et* $a_2 \leqq |x| \leqq \infty$, *les nombres positifs* a_1 *et* a_2 *étant aussi grands qu'on le veut, mais fixes, et si*

$$f(x) \sim \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu H_\nu(x), \quad \text{où} \quad c_\nu = \frac{1}{2^\nu \nu!\, \pi^{\frac{1}{2}}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-u^2} f(u) H_\nu(u)\, du \tag{4}$$

est le développement de $f(x)$ *en série, d'Hermite, on a en chaque point* $x = a$ *où* $f(x)$ *admet un saut défini par la formule* (2),

$$\lim_{n=\infty} \frac{1}{\log n} \sum_{\nu=1}^{n} c_\nu \frac{H'_\nu(a)}{\sqrt{\nu}} = \frac{D_a}{\sqrt{2}.\pi}. \tag{5}$$

Comme on voit, la série $\sum_{\nu=1}^{\infty} c_\nu \frac{H_\nu(x)}{\sqrt{\nu}}$ peut être considérée comme conjuguée à la série (4).

On peut démontrer ce théorème par l'application des formules asymptotiques bien connues pour les polynomes d'Hermite, mais j'en donne ici une démonstration plus courte, basée sur l'application d'un lemme arithmétique à un théorème de M. Kogbetliantz [3], que je vais généraliser au préalable comme suit :

THÉORÈME II. — *Si* $f(x)$ *et* $e^{-\frac{x^2}{2}}|f(x)x^{-2\delta-1}|$ *sont intégrables respectivement pour* $|x| \leqq a_1$ *et* $a_2 \leqq |x| \leqq \infty$, *les nombres positifs* a_1 *et* a_2 *étant aussi grands que l'on veut, mais fixes, on a pour tout* $\delta > 0$ *en chaque point* $x = a$ *où* $f(x)$ *admet un saut défini par la formule* (2)

$$\lim_{n=\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{\nu=1}^{n} \left(1 - \frac{\nu}{n}\right)^\delta c_\nu H'_\nu(a) = \frac{\Gamma(\delta+1)}{\sqrt{2\pi}\,\Gamma\left(\delta + \frac{3}{2}\right)} D_a. \tag{7}$$

En posant

$$S'_n(a) = H'_1(a) + H'_2(a) + \ldots + H'_n(a), \tag{8}$$

on a donc pour $\delta = 1$:

$$\lim_{n=\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{S'_1(a) + S'_2(a) + \ldots + S'_n(a)}{n} = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{2}}{\pi} D_a. \tag{9}$$

---

[3] E. KOGBETLIANTZ, *Transactions of the Americ. Math. Soc.*, 38, 1935, p. 10-47.

LEMME. — *Si*

(α) $$S_n = a_1 + a_2 + \ldots + a_n,$$

(β) $$S_n = o(\sqrt{n}\log n),$$

(γ) $$\lim_{n=\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{S_1 + S_2 + \ldots + S_n}{n} = s,$$

on a

$$\lim_{n=\infty} \frac{1}{\log n}\left[\frac{a_1}{\sqrt{1}} + \frac{a_2}{\sqrt{2}} + \ldots + \frac{a_n}{\sqrt{n}}\right] = \frac{3}{4}S.$$

Or, en chaque point où la relation (2) est remplie, on a en effet selon (8) :

$$S'_n(a) - D_a = O\left(\sqrt{n}\int_{\frac{1}{\sqrt{n}}}^{\varepsilon} \frac{|\psi(t)|}{t}\,dt\right) + O(\sqrt{n}),$$

d'où

$$S'_n(a) = O(\sqrt{n}\log n),$$

de sorte que les hypothèses du lemme se trouvent satisfaites. Le théorème I en résulte immédiatement.

Notons que le théorème de Lukacs pour les séries de Fourier peut être établi à l'aide d'un lemme analogue appliqué à la généralisation convenable d'un théorème de M. Sidon [4].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le comportement d'une fonction holomorphe et de ses dérivées dans un cercle.* Note de M. **Chi-Tai Chuang**, présentée par M. Paul Montel.

Le problème de l'étude des conditions de normalité d'une famille de fonctions méromorphes admettant une valeur exceptionnelle et dont une dérivée admet une valeur exceptionnelle non nulle, proposé par M. Montel, a été traité par M. Valiron par sa méthode directe [1]. Cette méthode consiste à chercher les racines d'équations de la forme $e^{f(z)} = g(z)$, où $f(z)$ et $g(z)$ sont des fonctions holomorphes. M. Valiron a établi à cet effet une proposition (*loc. cit.*) qui complète le théorème de M. Bloch [2]. L'étude

(4) M. Jacob, *Bull. Intern. Acad. Pol. de Cracovie*, 1927, p. 287-294.

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1825.

(2) *Annales Fac. Sc. Toulouse*, 3e série, **17**, 1925, p. 1-22.

de certaines équations du type indiqué ci-dessus nécessite la connaissance de propriétés des dérivées $f^{(n)}(z)(n>1)$, plus précises que celles données par M. Valiron dans son théorème. J'ai entrepris la recherche de ces propriétés, et j'arrive à l'énoncé suivant :

Il existe des constantes positives λ, α, β, γ, γ', δ, γ_p, δ_p, dépendant de k et l, jouissant des propriétés suivantes. Si $f(z)$ est une fonction arbitraire holomorphe pour $|z|<1$, telle que

$$|f^{(n)}(0)|<\lambda|f^{(k+l)}(0)|, \quad |f^{(k+l)}(0)|\geqq 1 \quad (n=0, 1, \ldots, k-1, k\geqq 1, l\geqq 0),$$

on peut trouver un nombre r vérifiant les conditions

$$\alpha<r<1, \qquad M(r, f)=\max_{|z|=r}|f(z)|>\beta,$$

et au moins k domaines simplement connexes $D_i(f, \omega)$ $(i=1, 2, \ldots, k)$, sans points communs deux à deux, tels que :

1° *$D_i(f,\omega)$ est complètement intérieur à la couronne $r/5<|z|<r$ et, dans ce domaine, l'argument de z varie de moins de $3\pi/k$;*

2° *$f(z)$ est univalente dans $D_i(f, \omega)$ et représente ce domaine sur la couronne fendue*

$$\frac{1}{4}M(r, f)<|Z|<\frac{1}{2}M(r, f), \qquad |\arg Z-\omega|<\pi \qquad (\omega \text{ arbitraire});$$

3° *Si $1\leqq n\leqq k$, dans $D_i(f, \omega)$, l'argument de $f^{(n)}(z)$ varie de moins de 3π et l'on a*

$$e^{-3k^2}<\left|\frac{f^{(n)}(z)}{H^n f(z)}\right|<e^{3k^2}, \qquad \gamma'<H<\gamma\left[1+\overset{+}{\log}M(r, f)\right]^{\delta},$$

H ne dépendant que de k, l, $f(z)$, et r;

4° *Si $1\leqq n\leqq p$, on a, dans $D_i(f, \omega)$,*

$$|f^{(n)}(z)|<\gamma_p M(r, f)\left[1+\overset{+}{\log}M(r, f)\right]^{\delta_p}.$$

Pour démontrer ce théorème, on distingue, avec M. Bloch, deux cas. Dans le premier cas, on emploie les méthodes utilisées par M. Valiron pour traiter les fonctions entières (³). Dans le deuxième cas, la méthode est celle de M. Bloch (*loc. cit.*), sous la forme modifiée donnée par M. Valiron (⁴).

(³) *Annales de l'École Normale*, 3e série, 39, 1921, p. 389-429; *Lectures on the general theory of integral functions*, Chap. IV.

(⁴) *Mathematica*, 4, 1930, p. 81-96.

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Amplificateur mécanique à grandissement supérieur à 1000. Application à l'enregistrement de la déformation visqueuse des métaux à température élevée.* Note [1] de MM. **Pierre Chevenard** et **Eugène Joumier**, présentée par M. Émile Jouguet.

Certains essais industriels comportent l'enregistrement d'un très petit déplacement qui s'effectue en un temps très long : contrôle de la stabilité des calibres d'acier trempé, recherches sur le durcissement structural des alliages analysé par la méthode dilatométrique, étude de la déformation visqueuse des métaux aux températures élevées, etc. Les changements de longueur de l'éprouvette sont, en valeur relative, de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-3}, c'est-à-dire, en valeur absolue, de l'ordre de 1 à 100^{μ}. La durée des expériences peut atteindre plusieurs centaines et même plusieurs milliers d'heures : aussi, pour des raisons d'ordre pratique, convient-il de substituer l'enregistrement automatique du phénomène aux observations discontinues.

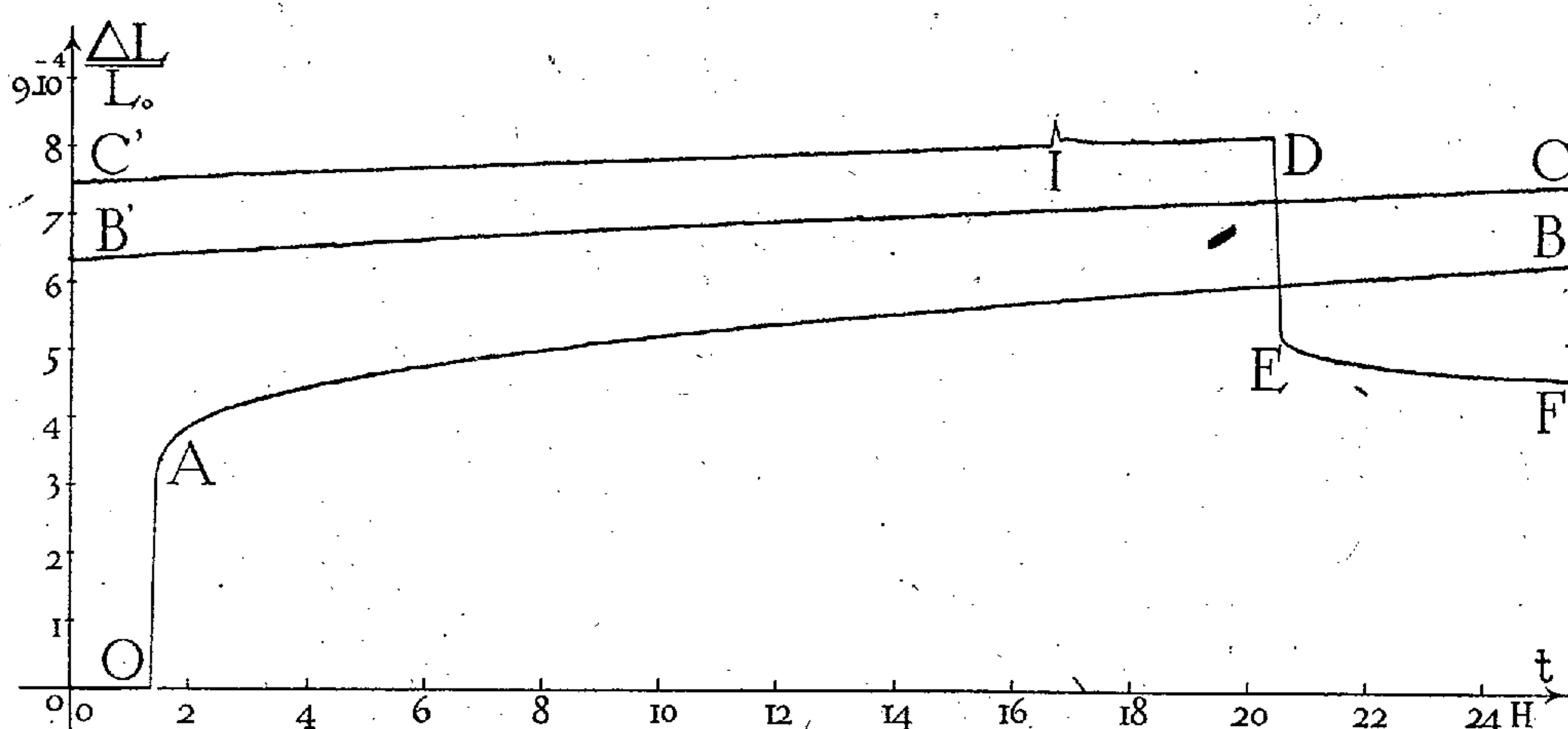
Parmi les amplificateurs des petits déplacements, certains, comme le microscope, se prêtent avec difficulté à l'enregistrement. D'autres, comme les appareils interférentiels, sont trop délicats pour résister sans déréglage aux chocs et aux trépidations des laboratoires industriels. D'autres, enfin, comme les dispositifs à lampes triodes, à cellule photoélectrique, sont exposés à subir une *dérive*, c'est-à-dire une modification progressive de leur sensibilité au cours d'un essai de longue durée. C'est pourquoi on recourt surtout aux appareils à levier optique ou mécanique.

Un amplificateur à miroir (levier optique) est robuste, indéréglable et son grandissement atteint aisément plusieurs milliers. Mais, pour les très longues expériences, l'enregistrement photographique n'est pas sans inconvénient. A bien des égards on doit lui préférer l'enregistrement à l'encre sur papier : l'opérateur, qui voit le diagramme s'inscrire, peut alors intervenir en cas de perturbation, interrompre l'essai en cas d'insuccès, ou quand il a constaté le résultat attendu. Il est malheureusement difficile de donner à un amplificateur mécanique à leviers une sensibilité comparable à celle d'un amplificateur à miroir.

Avec un seul levier, le grandissement de 200 ne peut être pratiquement dépassé. En outre, la courbe tracée sur le tambour du chronographe, par la

(1) Séance du 5 juillet 1937.

plume terminant le levier, a pour ordonnées des arcs de cercle : il en résulte de sérieuses difficultés pour l'élaboration quantitative du diagramme « allongement-temps », en particulier pour le calcul de la vitesse à partir de la dérivée déterminée graphiquement. L'emploi d'un double levier pour accroître la sensibilité a pour principal inconvénient d'imposer aux organes de transmission des efforts de frottement considérablement multipliés. Par exemple, dans l'essai mécanique des métaux à haute température, ces efforts parasites risquent de provoquer la déformation visqueuse des tiges de silice qui reportent hors du four l'allongement de l'éprouvette, et de causer ainsi une erreur supérieure à la quantité à mesurer.



OA, allongement à la mise en charge; ABB'CC'D, allongement visqueux; DE, contraction due à la suppression de la charge; EF, contraction de réactivité sous charge nulle; I, accident causé par une interruption du courant de chauffage.

Pour surmonter la difficulté, il suffit de faire mouvoir le deuxième levier par un servomoteur électrique, commandé par un contact établi par le premier levier. Mais, sous peine de rendre illusoire le gain de sensibilité dû à l'emploi du double levier, le contact électrique doit se créer ou se rompre pour un déplacement extrêmement petit de la pointe terminale du premier levier. Or ce résultat n'est pas obtenu si le contact se produit entre la pointe et une lamelle portée par le deuxième levier.

Mais, si cette lamelle est remplacée par un disque qui tourne dans son propre plan, d'un mouvement continu ou alternatif, par le jeu du servomoteur, contact et coupure deviennent tout à fait francs. Le mouvement nettoie les surfaces frottantes ; il rompt la chaîne de fines particules déta-

chées de ces surfaces et qui tendent à prolonger le contact électrique, alors que le contact géométrique a cessé. En définitive, cet artifice assure une fidélité parfaite à l'amplificateur à double levier. Grâce au servomoteur, il n'y a plus à se préoccuper des frottements de la plume sur le papier : au lieu d'être fixée au bout du deuxième levier, la plume peut être portée par un coulisseau mobile sur une glissière rectiligne, de telle sorte que les diagrammes sont tracés en coordonnées rectangulaires.

Le diagramme donné à titre d'exemple représente la déformation visqueuse d'un acier doux maintenu sous charge et à température constantes : 5 kg : mm² à 550°. L'allongement ΔL de l'éprouvette est amplifié 1300 fois. Malgré l'épaississement du trait, causé par les trépidations, les fluctuations du régulateur thermostatique et l'absorption de l'encre par le papier, la courbe permet des pointés à 1/4 de millimètre près, ce qui correspond à une incertitude de $0^{\mu},2$ pour l'allongement de l'éprouvette. Mais surtout la direction moyenne de la courbe est très bien définie, de telle sorte que la vitesse de fluage, déduite de l'inclinaison de la tangente, peut être déterminée à moins de 1.10^{-6}/heure près. Une telle approximation est largement suffisante pour des essais industriels.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Compléments à la théorie de l'inflammation nucléaire sur le cognement dans les moteurs à essence.* Note (¹) de M. **Max Serruys**, présentée par M. Émile Jouguet.

Dans des Notes antérieures et dans un Ouvrage récent (²), l'auteur a montré comment l'inflammation susceptible de se produire vers la fin de la combustion, dans la portion non encore brûlée du mélange carburé, pouvait être suivie : soit d'une détonation (dans le cas où l'inflammation intéresse un volume de l'ordre du centimètre-cube par exemple et provoque la formation d'une onde détonante), soit d'une pseudo-détonation (dans le cas où l'inflammation n'intéresse qu'un volume très faible et constitue l'amorce d'une combustion déflagrante secondaire).

Ces prévisions ont été depuis lors confirmées par les expériences récentes de Boyd, Rassweiller et Withrow, et surtout par celles de Sokolik et

---

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1385 et 1574, et 199, 1934, p. 830, et *La combustion détonante dans les moteurs à explosion* (*Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° 103, 1937).

Voïnov [3]. Ces derniers ont provoqué artificiellement la pseudo-détonation et enregistré dans un moteur des vitesses de propagation de la flamme correspondant, à la précision des mesures près, à la valeur calculée par les formules de M. Émile Jouguet pour la célérité d'une onde détonante se propageant dans le milieu combustible considéré (2000 m/sec. environ).

Dans certains cas, la pseudo-détonation a été suivie de détonation véritable avant que la combustion soit terminée. Celle-ci apparaît dans ce cas comme comprenant trois phases :

1° une phase de propagation déflagrante de la flamme née de l'étincelle d'allumage;

2° une phase de pseudo-détonation, dans laquelle un nouveau front de flamme ayant pris naissance spontanément se propage suivant le mode déflagrant dans la région non encore brûlée;

3° une phase de détonation, dans laquelle se produit la combustion du reste du mélange non brûlé sous l'action d'une ou de plusieurs ondes détonantes.

Un tel processus de combustion est évidemment conforme aux prévisions de la théorie de l'inflammation nucléaire; mais on peut, en poussant plus avant les conclusions de celle-ci, prévoir d'autres processus plus complexes encore :

A. Il peut arriver en effet qu'un certain nombre de points d'inflammation apparaissent successivement dans la région non brûlée avant que la détonation véritable puisse se produire (multiples pseudo-détonations). Dans ce cas, la surface du front de flamme subira autant d'accroissements successifs entraînant en général une variation de pression de plus en plus rapide.

B. Il peut arriver aussi que les régions dans lesquelles les conditions d'inflammation se trouvent réalisées se déplacent plus rapidement dans les gaz non brûlés que ne le ferait une flamme déflagrante balayant la même région. Ce cas se trouvera réalisé par exemple si la pression augmente rapidement dans une région non brûlée possédant un gradient de température relativement faible.

On conçoit que dans ce cas le front de flamme puisse avoir une *célérité* supérieure à celle d'une flamme déflagrante, sans prendre forcément ou immédiatement l'allure détonante.

C. Il peut arriver que le mélange carburé considéré possède une vitesse

---

(3) *Technique de la Flotte Aérienne*, 1936.

de combustion trop faible pour que la surpression qui doit donner naissance à l'onde détonante puisse se produire, même lors de l'inflammation d'un noyau homogène de dimensions relativement importantes. Dans ce cas, il y aura évidemment accélération des variations de pression au moment de l'inflammation du noyau, mais sans détonation.

D. Il peut arriver au contraire que, la vitesse de combustion du mélange carburé étant très grande, l'onde détonante puisse prendre naissance à la suite de l'inflammation d'un noyau gazeux assez petit.

E. Il peut arriver enfin que la vitesse de combustion du mélange carburé soit très fortement influencée par la pression. Dans ce cas, il est évident qu'une onde de pression qui traverse la flamme provoque une accélération de la combustion et que celle-ci tend à accroître l'intensité de la surpression propagée par l'onde. Cette augmentation d'intensité se reproduisant à chaque passage, on conçoit qu'un régime vibratoire puisse progressivement s'établir qui peut être décelé soit par l'enregistrement des pressions, soit par la photographie directe de la propagation de la flamme.

Toutes ces modalités de combustion semblent pouvoir exister effectivement dans le moteur. Quelques-unes ont été observées par des expérimentateurs divers ou par l'auteur.

Quoiqu'elles demeurent probablement d'une importance secondaire par suite du caractère assez exceptionnel des circonstances qui doivent se trouver réalisées pour qu'elles se produisent, il importait de montrer comment la *théorie de l'inflammation nucléaire* permet d'en prévoir l'existence et de rendre compte de leur mécanisme.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les auto-oscillations de jets réels en milieu identique par autoplissements.* Note (1) de M. F.-J. **Bourrières**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Les auto-oscillations des jets fluides, qui sortent d'un ajutage et progressent dans un milieu indéfini de même nature, ont été étudiées, en fait, acoustiquement, par les *sons d'écoulement*. Les autoplissements correspondants ont été observés par divers expérimentateurs.

J'ai pu, aidé d'une analyse rigoureuse que je menais parallèlement, codifier des expériences relatives à de tels autoplissements plans.

(1) Séance du 5 mai 1937.

J'ai constitué divers appareils donnant une portion horizontale de jet coloré dans l'eau, à *distribution parabolique des vitesses*. J'ai obtenu des plissements ambulants, maintenus plans par la simple proximité d'un plan horizontal poli.

Mon attention a été portée sur l'élimination (l'échappement) de la portion colorée de jet hors du champ d'observation.

Trois cas essentiellement distincts ont été constatés :

1° jet à *élimination simple* (butée nulle, appel nul à l'échappement);

2° jet à *butée*;

3° jet avec *appel fini* à l'échappement.

Dans le premier cas (fuite simple), on observe, à la suite d'une très légère perturbation (dès une vitesse de l'ordre de 1^{cm} par seconde pour une épaisseur de jet de $0,5^{cm}$), l'organisation d'une sinusoïde ambulante avec l'invariance approximative

$$\Lambda = 2,5\,D,$$

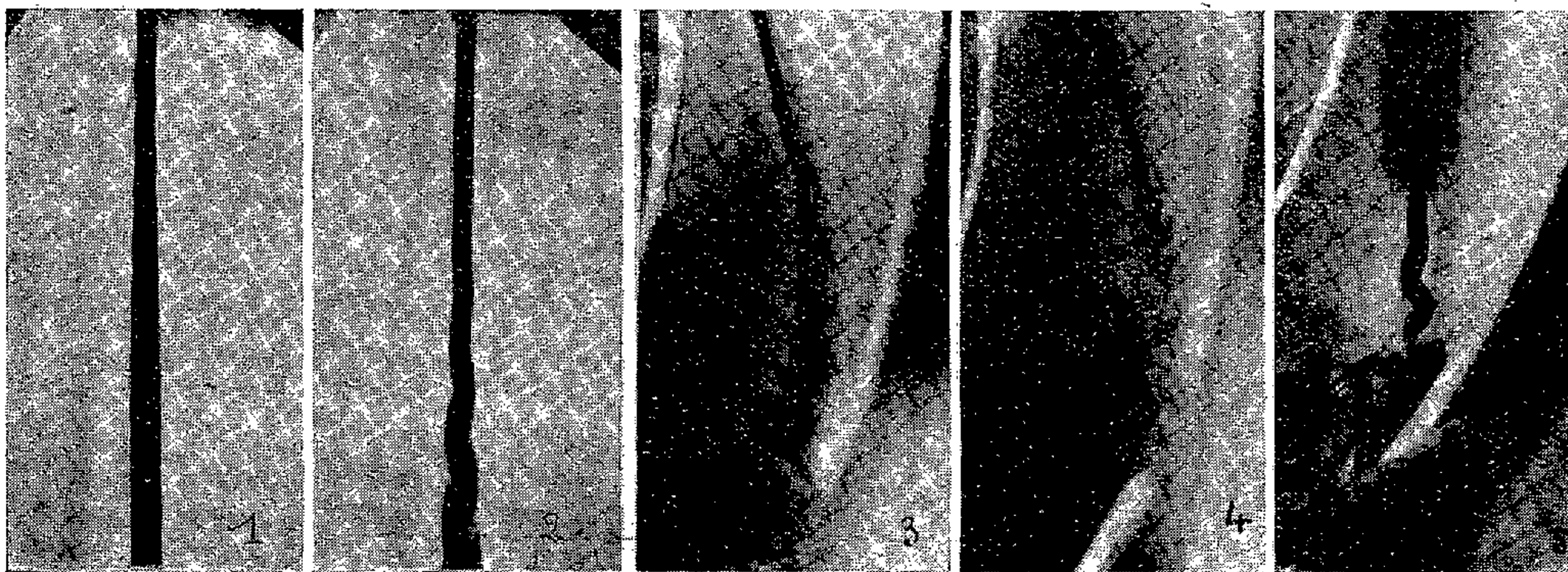
où Λ est la longueur d'onde du plissement, D l'épaisseur du jet dans le plan de la sinusoïde. Cette relation est indépendante de la vitesse, de la nature du liquide, de sa viscosité et même de la coupe d'ajutage (si celle-ci est assez régulière). Ces indépendances avaient pu être analytiquement prévues, ainsi que la valeur 2,51 de la constante de proportionnalité, (sans coefficient expérimental particulier), en conformité avec des vues peu exploitées de Poinsot sur les *voûtes de points*, et en appliquant au mouvement les équations intrinsèques de fluide visqueux réel.

Dans le deuxième cas (butée de jet), les observations dépendent du nombre de Reynolds. Il existe une valeur critique de ce nombre voisine de $\mathcal{R} = 12,2$ (en cas de butée franche). Un peu au-dessous, on obtient une sinusoïde ambulante à amplification de plissement, intrinsèquement définie, et dont la longueur d'onde, fonction de $\mathcal{R}$, est *paradoxalement plus grande* que dans le cas du jet à simple écoulement. Au-dessus de $\mathcal{R} = 12,2$ le plissement de jet n'a pas, *par lui-même*, de périodicité. Je n'ai pas étudié avec soin le troisième cas.

En ce qui regarde l'*auto-entretien indéfini* de l'auto-oscillation de jet par autoplissement régulier, j'ai constaté le fait général suivant au voisinage du cas d'*échappement simple :*

En jet à *section circulaire*, l'auto-oscillation plane peut naître et s'organiser régulière, d'elle-même, par autoplissement, sur perturbation minime; mais elle s'amortit *toujours* peu à peu dans le temps, par exemple après passage d'une centaine de boucles ($v = 1$ cm par sec., $D = 0,5$ cm).

En jet *en lame* (soit d'origine, soit par aplatissement d'un jet primitivement circulaire), on peut obtenir, pendant des heures et des journées à la suite, sur une table suffisamment stable, des auto-oscillations régulières indéfiniment entretenues. Il suffit de disposer, *parallèlement* à la *nappe* de jet, une paroi plane.



1. Jet horizontal à section circulaire d'eau colorée au sein d'une masse d'eau, avec élimination simple. On peut vérifier A : D = 2,6. — 2. Jet à butée, mêmes conditions. On peut voir A : D = 4,4 > 2,5. — 3. Jet horizontal à section circulaire d'eau colorée dans l'eau, à élimination simple, laminé par un jeu de paroi et en auto-oscillation indéfinie A : D = 2,5 env. — 4. Jet à butée, mêmes conditions. On a A : D = 4 > 2,5 sur la partie laminée. — 5. Jet horizontal en lame, vu par la tranche ($3^{cm} \times 0^{cm},5$), à élimination simple. Sa vitesse était de 3^{cm} par seconde. On peut vérifier A : D = 2,5.

AÉRONAUTIQUE. — *A propos de l'incendie des ballons dirigeables.* Note de M. **Albert Milhoud**, présentée par M. Henri Villat.

Plusieurs hypothèses ont été faites pour tenter d'expliquer l'explosion des dirigeables, explosions qui se sont produites aussi bien en pleine évolution qu'au moment de l'atterrissage. Les éléments d'appréciation ayant toujours disparu, il paraît difficile d'en établir la cause exacte; il faut rester dans le domaine des suppositions.

D'une façon générale, les techniciens s'accordent à penser qu'on doit attribuer l'explosion à un phénomène électrique, les idées émises de l'auto-inflammation par la rupture de la charpente en duralumin ou de l'inflammation par les gaz d'échappement d'un moteur semblant écartées.

Il semble bien en effet que l'électricité y joue un rôle important et l'on

peut imaginer ce qui peut se passer en analysant les conditions dans lesquelles se trouvent les dirigeables au moment des accidents.

On a observé depuis longtemps l'effet de l'électricité atmosphérique : un ballon isolé dans l'atmosphère, c'est-à-dire dans un champ électrique d'intensité variable, se charge par influence à un potentiel qui peut atteindre, par rapport au sol, des valeurs très élevées. Il se décharge normalement dès que le guide-rope prend contact avec le sol. La rencontre des nuages, la pluie, le vent, l'orage rendent cet effet plus intense. Dans un dirigeable, présentant un grand allongement, l'électrisation est plus forte à l'arrière, c'est-à-dire vers la pointe, ce qui correspond à une distribution rationnelle des charges électriques à sa surface.

Les dirigeables, qui ont souvent évolué longtemps dans un orage, se trouvent ainsi, selon toute vraisemblance, fortement chargés d'électricité, c'est-à-dire dans un champ électrique à forte intensité.

Par ailleurs, on doit, pendant la manœuvre de descente ou d'atterrissage, laisser échapper du gaz par une soupape disposée dans le bas de l'un des ballonnets de l'arrière.

Je vais montrer que ces deux conditions, simultanément réalisées, peuvent donner une explication plausible des explosions.

En effet, le seul écoulement du gaz par une étroite ouverture peut provoquer une étincelle qui, éclatant dans un mélange de gaz et d'air, cause la catastrophe. Les circonstances dans lesquelles se produit ce phénomène sont connues. Il faut 1° que le gaz entraîne des gouttelettes d'eau, qui peuvent être extrêmement petites, et 2° que l'enceinte où se fait l'échappement soit telle que les gouttelettes subissent une brusque variation de tension superficielle. Plus est rapide cette variation et plus est élevée la force électromotrice produite, dont la valeur dépend d'une part de la pression du gaz dans le réservoir et aussi d'autres conditions physiques telles l'état électrique, l'état hygrométrique, la viscosité... du milieu où se fait l'échappement.

Dans une série d'expériences que j'ai faites, j'ai obtenu des tensions très élevées, plusieurs milliers de volts, par l'écoulement de la vapeur d'eau. J'ai étudié (¹) le processus de cette électrisation et je suis arrivé à ces conclusions que *n'importe quel fluide* s'écoulant par une petite ouverture peut produire une force électromotrice si les deux conditions que j'ai précisées ci-dessus sont remplies. Le rôle de la vapeur dans l'écoulement de la vapeur d'eau n'est que de véhiculer les particules liquides.

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1586, et *Thèse*, Paris, 1935.

Or l'hydrogène fabriqué industriellement contient toujours des traces d'eau, la première condition existe donc à l'échappement du gaz des soupapes. Pour la deuxième, on sait que la pression à l'intérieur des ballonnets est supérieure à la pression de l'air extérieur, la différence entre les deux pressions étant la pression apparente. Si faible que soit cette dernière, la variation brusque de la tension superficielle s'explique si l'on tient compte de l'état électrique où se trouve l'enveloppe au moment des accidents.

Comme l'a montré notamment J. J. Thomson [2], l'électrisation d'une goutte d'eau neutralise l'action de sa tension superficielle; dès que des gouttelettes arrivent dans un milieu électrisé, elles subissent une forte action mécanique d'expansion, et il peut se produire une *surtension* qui fait éclater une étincelle entre la gouttelette et la paroi. Il y a là comme une *étincelle de rupture* d'un circuit fermé.

Ceci se passe indépendamment du contact avec le sol.

La production de petites étincelles par le seul fait de l'échappement du gaz par une soupape à ouverture étranglée, facilitée par l'état électrique du milieu où se fait l'écoulement, expliquerait donc la perte de nombreux dirigeables et, notamment celle de l'*Hindenburg* encore présente à toutes les mémoires.

Des expériences pourraient être faites assez facilement, où seraient reproduites les circonstances réellement existantes, et l'on serait fixé sur la valeur de cette hypothèse.

En connaissant la cause, il serait possible d'empêcher les étincelles, ce qui aurait pour conséquence de continuer à utiliser, alors sans danger, le gaz hydrogène, plus léger que l'hélium et beaucoup plus facile à obtenir.

CAPILLARITÉ. — *Influence d'une couche mince d'huile sur le mouvement des vagues*. Note [1] de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai montré [2] que, si une couche monomoléculaire de molécules grasses était absorbée à la surface de l'eau, cette eau étant en mouvement, les molécules grasses tendaient à se rassembler en plaques monomoléculaires

---

(2) Ces phénomènes ont été étudiés aussi par Holmgren (*Mémoires de la Société physiographique de Lund*, 2, 1894, p. 402).

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2049.

à molécules jointives. Ces plaques coïncident avec les régions planes de la surface liquide, tandis que sur leurs bords se forment des systèmes de rides de sillage ou *rides de Poncelet*. C'est ainsi que l'anneau décrit par M. Labrouste ([3]) s'interprète par la formation, dans le cas de mouvements lents, d'une faible amorce d'un train de rides de sillage contre le front des molécules jointives.

J'ai également montré ([4]) comment on pouvait mesurer le frottement entre une couche monomoléculaire d'acide oléique et le liquide support en mouvement. Si μ est la viscosité de l'eau, v la vitesse des particules d'eau voisines de la surface, ce frottement *sans glissement* a pour valeur $\lambda = \mu \operatorname{grad} v$. La pression superficielle p de la couche grasse varie dans le sens Ox du mouvement de l'eau de telle façon que $dp = \lambda dx$.

On peut alors s'expliquer pourquoi un train de rides de sillage (rides de Poncelet) ne trouve pas les conditions favorables à son établissement dans les régions recouvertes d'un pavage monomoléculaire gras.

a. La vitesse V des rides devant être la même que celle de l'élément perturbateur, il doit exister en un point P_1 entre la vitesse V, la masse spécifique ρ du liquide, la longueur d'onde λ du train d'ondes et la tension superficielle A (variable d'un point à un autre : $dA = -dp$), la relation de lord Kelvin

$$V^2 = (\lambda_1 N_1)^2 = g\frac{\lambda_1}{2\pi} + \frac{A(P_1)}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda_1}. \tag{1}$$

Un tel train d'ondes arrive transformé en P_2 et y satisfait à la relation

$$V_{(2)}^2 = (\lambda_2 N_1)^2 = g\frac{\lambda_2}{2\pi} + \frac{A(P_2)}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda_2}, \tag{2}$$

tandis que, lors de son passage en P_2, le mobile perturbateur émet le train d'ondes satisfaisant à

$$V^2 = g\frac{\lambda'_2}{2\pi} + \frac{A(P_2)}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda'_2}. \tag{3}$$

Les trains d'ondes représentés par les relations (2) et (3) étant différents, il ne peut être question d'accord et par conséquent il ne peut exister de véritables rides de sillages stables sur une surface dont l'énergie superficielle varie d'un point à un autre.

([3]) *Ann. de Phys.*, 9e série, **14**, 1920, p. 164.
([4]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 848.

b. Le frottement sans glissement de la couche grasse sur l'eau entraîne l'existence d'un gradient de vitesse au sein des couches d'eau voisines, gradient qui est un obstacle à la formation des rides de Poncelet comme l'on peut s'en rendre compte expérimentalement en diminuant l'*épaisseur de la nappe d'eau*. Cette diminution a pour effet d'augmenter le gradient et d'effacer le plus souvent toute trace de sillage. Le phénomène est particulièrement net si l'on fait déferler une vaguelette sur le fond d'une cuvette plane, ce fond n'étant recouvert que de quelques dixièmes de millimètre d'eau superficiellement contaminée. On remarque alors qu'aucun train de rides ne précède la vaguelette dans la région où les molécules sont jointives.

De plus, tout objet perturbateur (le vent par exemple) tend à jouer vis-à-vis des molécules grasses le rôle de raclette; au lieu de posséder relativement à la surface une vitesse suffisante pour donner lieu à un sillage, cet objet tend à pousser la couche adsorbée d'un mouvement d'ensemble en communiquant ainsi son énergie aux couches liquides sous-jacentes.

Sur la surface de la mer recouverte d'une couche monomoléculaire d'huile, le vent a moins de prise sur une surface plus lisse et où l'énergie, au lieu de s'accumuler superficiellement sous forme de sillages, tend à pénétrer et à se dissiper à l'intérieur de l'eau. On voit donc que l'huile, loin de jouer le rôle de lubrifiant, agit par un frottement dissipateur d'énergie ainsi que certains physiciens l'avaient autrefois suggéré (B. Franklin, A. Pockels).

ÉLECTRICITÉ. — *Étalonnage absolu d'un appareil de mesure de très hautes tensions; soupape électrostatique.* Note [1] de MM. **Marcel Pauthenier**, **Moshé Feldenkrais** et **Léopold Vigneron**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons confronté les résultats donnés par un voltmètre rotatif du type Kirkpatrick, constitué par une capacité chargée par influence qui se décharge 50 fois par seconde à travers un galvanomètre [2], avec ceux que l'on obtient au moyen de pastilles étalonnées qui se soulèvent à l'instant où

(1) Séance du 5 juillet 1937.
(2) Moshé Feldenkrais, *Journ. Phys.*, 8, 1937 (sous presse).

la pression électrostatique croissante atteint leur poids ([3]). Cette méthode a été perfectionnée comme nous l'indiquons ci-dessous.

Les essais ont été effectués en plein air (pour éviter l'influence du plafond) à l'aide d'un générateur de hautes tensions à poussières ([4]) dont le collecteur est constitué par une sphère de 300^{mm} de diamètre permettant d'obtenir des tensions stables jusqu'à 400 kilovolts environ. Au pôle supérieur de la sphère se trouve une calotte mobile qui repose normalement sur un siège fraisé dans l'épaisseur de la sphère et dont le diamètre est $28^{mm},6$; au centre de la calotte est soudée une petite tige d'acier de 30^{mm} coulissant sans frottement dans un tube capillaire pour assurer un soulèvement radial et vertical de l'équipage. Une petite ouverture est pratiquée à un endroit convenable dans la paroi de la sphère pour assurer une pression d'air égale de part et d'autre de la calotte au moment de son soulèvement.

La tige est filetée à son extrémité inférieure pour recevoir des écrous de masses différentes. On a pu réaliser une série de poids allant de $0^{g},120$ à $1^{g},750$ permettant de mesurer toute l'échelle des tensions de l'appareil à partir de 95 kilovolts.

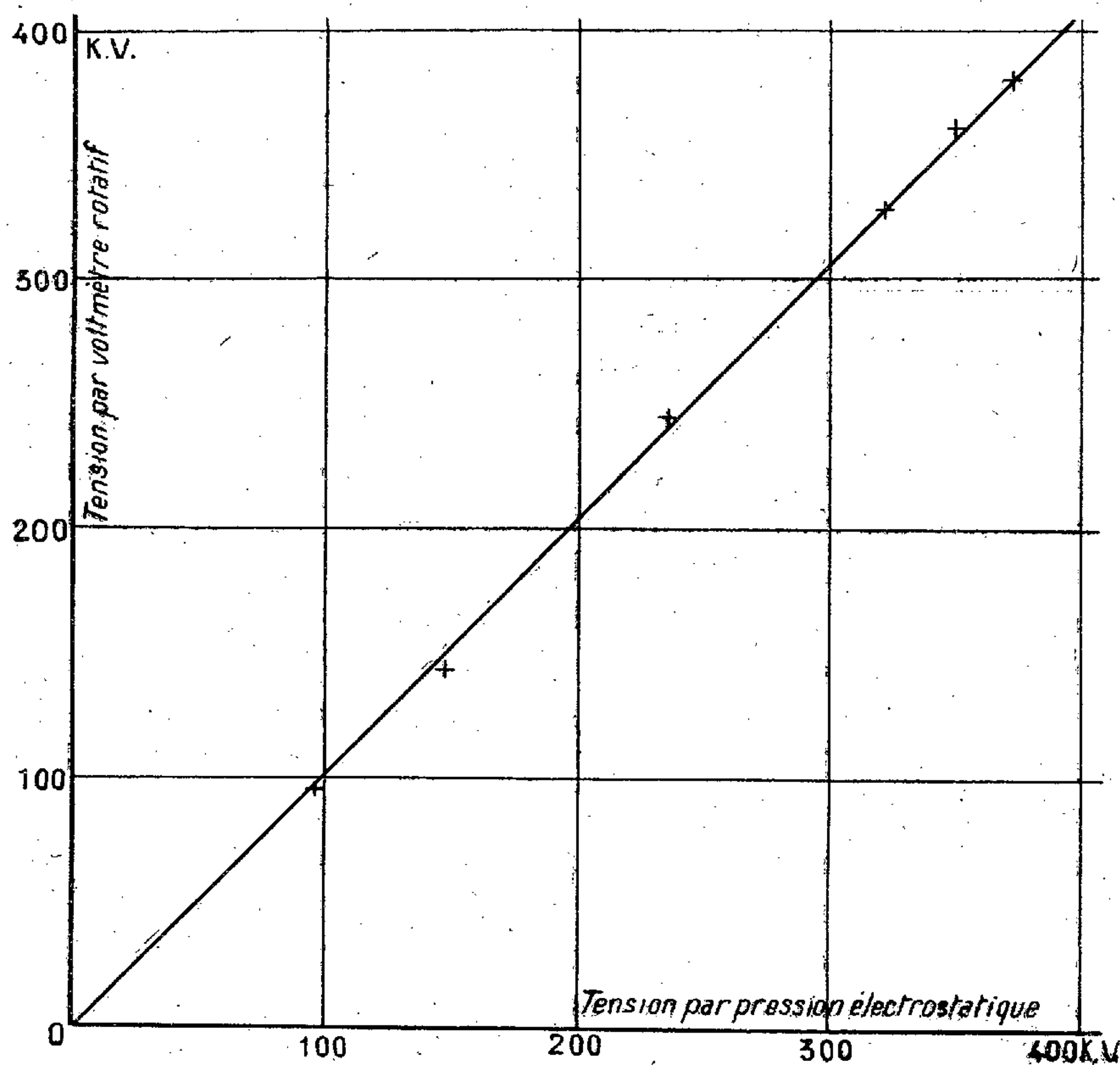
La capacité du voltmètre rotatif est constituée par un cylindre de 333^{mm} de longueur, 145^{mm} de diamètre, coupé en deux par un trait de scie longitudinal et entraîné à 1500 t/m par un moteur de vitesse constante. L'étalonnage de l'appareil a été fait aux environs de 50 kilovolts, à l'aide d'un électromètre absolu Abraham et Villard de précision, pour une position donnée des appareils. L'indication du galvanomètre est proportionnelle à la vitesse de rotation et à la tension de la sphère influençante, ce qui permet d'extrapoler dans de larges limites.

La figure présente les résultats de mesures effectuées par les deux méthodes simultanément. En abscisses sont portées les valeurs données par la méthode de la soupape électrostatique et en ordonnées les valeurs obtenues par le voltmètre rotatif. Les points se placent sur une droite sensiblement confondue avec la bissectrice, les deux méthodes sont donc bien concordantes.

En résumé, les indications du voltmètre rotatif étalonné à 50 kilovolts sont en accord avec les indications données par la méthode de la soupape électrostatique jusqu'à la limite des potentiels stables, qui est dans notre cas 400 kilovolts, limite imposée par le rayon de la sphère.

([3]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 929.
([4]) *Journal de Physique*, 8, 1937, p. 193.

La méthode de la soupape électrostatique permettrait de supprimer l'extrapolation dans le cas de potentiels de plusieurs millions de volts que l'on obtient avec des générateurs ayant pour électrodes des sphères de



Potentiels soupape électrostatique...(KV).	94,9	147,3	236,6	321,9	349,5	372,9
Potentiels voltmètre rotatif.........(KV).	96,1	144	244,8	327,8	360	380

dimensions suffisantes. Combinée au besoin avec un quartz piézoélectrique, elle donnerait facilement à un observateur intérieur à la sphère son potentiel par rapport au sol.

ÉLECTROCHIMIE. — *Production d'anneaux colorés par électrolyse dans la masse d'un sel.* Note ([1]) de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. Louis de Broglie.

Mes expériences ([2]) ont montré que sous l'action du courant, il se forme dans les sels des anneaux colorés encerclant la cathode cylindrique mise dans un tube rempli de sel pulvérisé et porté à une température de 600°C. Le courant passait par le sel entre le tube et la baguette.

Depuis, MM. Hilsch et Pohl ([3]) ont trouvé que la coloration du cristal de sel sous l'action du courant est due à la dissolution des électrons dans le réseau cristallin formant les centres de couleur F.

Pour étudier la formation des anneaux dans le sel, j'ai fait une série d'expériences en mettant dans des tubes métalliques servant d'anodes les cathodes de diverses formes et de diverses natures (cuivre, fer, aluminium et laiton). Les sels pulvérisés remplissant le tube étaient NaCl ou RCl; le tube était porté à la température de 680°C.

On applique le potentiel de 200 volts entre l'anode et la cathode; le potentiel décroît dans l'expérience jusqu'à 5 volts au bout d'un temps de une à deux heures environ. Le tube était long de 12^{cm}, il était de 2^{cm} de diamètre intérieur.

Les résultats sont les suivants : autour de la partie centrale de la cathode cylindrique il se forme dans le sel des couches colorées (rouges); cette coloration est indépendante de la nature de la cathode et de l'anode.

La coupe transversale montre des anneaux colorés concentriques à la cathode (*fig.* 1 et 2).

Le phénomène est indépendant de la forme de l'anode (on observe de légères déformations des couches colorées à des distances plus éloignées de la cathode).

A part de l'apparition des couches colorées, il y a des colorations du sel soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la couche, comme le montre la figure 3.

Il se produit aussi deux couches colorées dans le sel (*fig.* 4, coupe transversale).

([1]) Séance du 5 juillet 1937.

([2]) Th. Peczalski, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1588.

([3]) *Z. f. Phys.*, 64, 1930, p. 606.

En mettant dans le sel deux cathodes et en faisant passer le courant d'abord entre la cathode plus proche du tube et l'anode jusqu'à ce que le potentiel tombe à 30 volts (pendant une heure), ensuite entre les deux

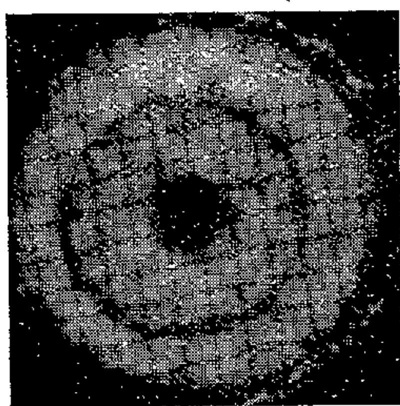


Fig. 1.

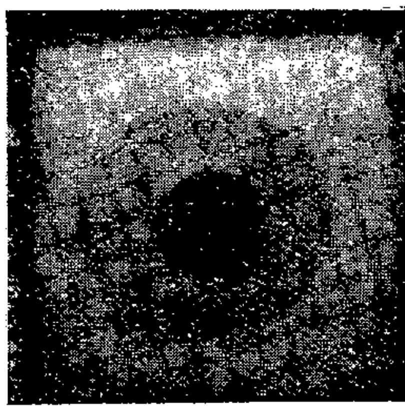


Fig. 2.

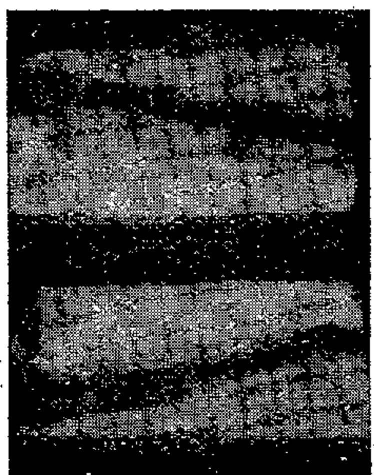


Fig. 3 A.

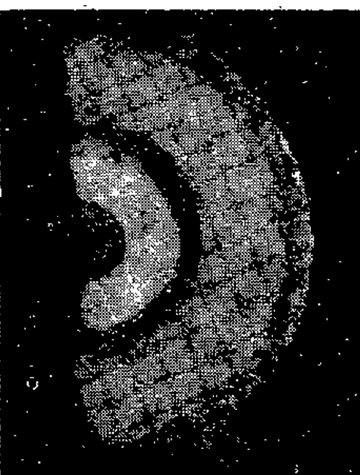


Fig. 3 B.

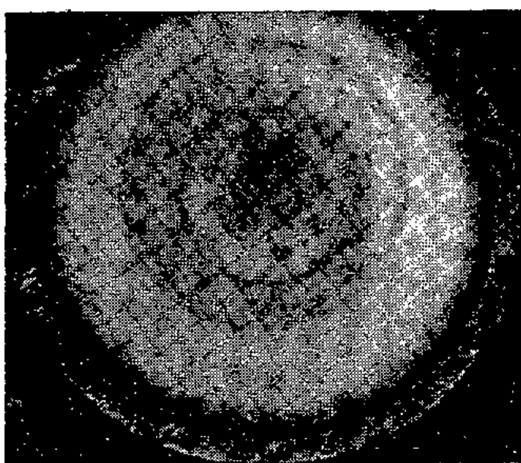


Fig. 4.

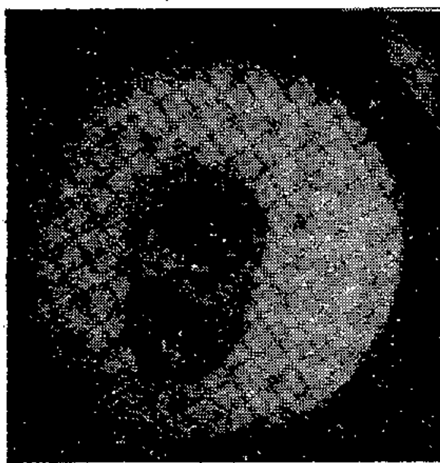


Fig. 5.

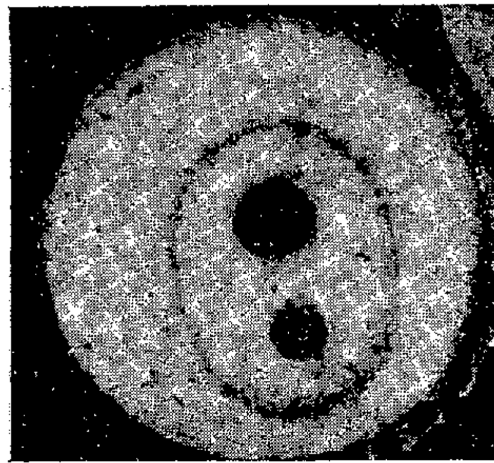


Fig. 6.

cathodes réunies et le tube pendant 15 minutes, on observe, suivant la longeur du tube, la formation des anneaux autour de chaque cathode (*fig.* 5) qui, vers le milieu de la cathode se réunissent et donnent une seule couche colorée (*fig.* 6).

MAGNÉTISME. — *Sur les cycles de recul des aciers à aimant.* Note [1] de M. **Henri Lacoste-Tayan**, présentée par M. Aimé Cotton.

La présente Note résume les résultats obtenus sur l'acier au chrome et sur les alliages au nickel-aluminium à faible et forte teneur en nickel. Elle complète la Note précédente [2], relative aux aciers au tungstène et au cobalt.

Ces résultats sont les suivants :

H résiduel.	$4\pi\mathcal{I}_1$.	$4\pi\mathcal{I}_0$.	Écart max. ab.	Écart max. entre branches.	$\frac{W}{V}\frac{ergs}{cm^3}$.	$\rho = \frac{\Delta(4\pi\mathcal{I})}{\Delta H}$.
Acier à 6 pour 100 *de* Cr ($4\pi\mathcal{I}_0 = 9850$ Gs — $\mathcal{H}_c = 76$ OE).						
74,7	700	3575	200	450	2600	38,4
69,7	3110	5740	175	425	2300	35,0
63,5	5030	7080	75	225	1030	32,4
47,6	7300	8600	15	50	170	27,3
22,0	8965	9450	10	50	80	22,1
Alliage au Ni-Al-Co *à basse teneur en* Ni ($4\pi\mathcal{I}_0 = 7750$ Gs — $\mathcal{H}_c = 410$ OE).						
407	400	3410	200	425	7550	7,40
382	2400	5250	150	400	7225	7,46
340	4280	6580	80	235	3060	6,77
225	6150	7400	60	150	1360	5,55
Alliage au Ni-Al-Co *à haute teneur en* Ni ($4\pi\mathcal{I}_0 = 5850$ Gs — $\mathcal{H}_c = 640$ OE).						
617	600	3100	150	250	6800	4,05
549	1750	3990	100	200	4400	4,09
412	3315	4925	75	125	1950	3,91
244	4505	5415	30	50	500	3,73

Dans les cas présents, comme précédemment, l'hypothèse de réduction du cycle de recul à la droite joignant les valeurs extrêmes de $4\pi\mathcal{I}$ est suffisamment justifiée.

On peut donc définir un coefficient de recul, égal au coefficient angulaire de la droite précitée.

La connaissance de ce facteur est aussi importante que celle de la caractéristique principale pour le calcul des aimants [3], utilisé avec armement.

---

[1] Séance du 5 juillet 1937.

[2] *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1556.

[3] R. V. Picou, *Les aimants. Calcul et applications* (Chap. VIII) Paris, 1937.

Le tableau suivant donne ses valeurs pour les principales qualités d'acier :

Facteur de recul de divers aciers à aimant en fonction de l'aimantation résiduelle.

Nature de l'acier.	$\mathcal{H}_c$.	$4\pi\mathcal{J}_0$.	$\sqrt{\frac{\mathcal{H}_c}{4\pi\mathcal{J}_0}}$.	$4\pi\mathcal{J}_r = 10^3 \times 10$.	8.	6.	4.	2.	0.
Acier à 6 % de W.	55	11,400	0,0695	$\rho = 30,0$	42,6	52,5	58,0	59,4	59,9
» 6 % de Cr.	76	9,850	0,0879	–	25,7	30,2	33,6	37,0	38,7
» 10 % de Co.	121	10,450	0,1073	–	20,7	24,0	26,8	28,3	29,0
» 35 % de Co.	238	10,430	0,1510	–	10,5	11,8	13,2	14,0	14,2
Alliage Ni-Al-Co....	410	7,750	0,2300	–	–	5,6	7,0	7,5	7,4
Alliage Ni-Al-Co....	640	5,850	0,3300	–	–	–	3,8	4,1	4,0

Ces valeurs pourront être prises comme des moyennes très suffisantes pour des aciers de même nuance, bien que ceux-ci soient légèrement différents selon leur histoire.

Il est remarquable que, si l'on figure par exemple les valeurs de ρ pour une même valeur $4\pi\mathcal{J}_r$ de l'aimantation résiduelle pour *toutes les sortes d'acier*, les points correspondants se placent tous sur *une même courbe* d'allure hyperbolique. Il se manifeste ainsi une sorte de parenté entre ces aciers de composition très différente et de traitements de stabilisation également différents. Le tableau précédent permet de figurer ces courbes, définies par $\rho = f\sqrt{\mathcal{H}_c/4\pi\mathcal{J}_0}$ pour des aimantations résiduelles échelonnées de 2 en 2 kilogauss; elles peuvent être utilisées pour les valeurs intermédiaires.

Cette propriété peut s'expliquer par le fait que tous les aciers et alliages à aimant suivent de très près la loi de Lamont, et d'autant mieux qu'ils sont meilleurs au point de vue magnétique.

De plus, les courbes de recul se rejoignant à la valeur $4\pi\mathcal{J}_s$ de saturation de l'acier, il est naturel de penser que le coefficient ρ, fonction évidemment de $\mathcal{H}_c$, le sera également de $4\pi\mathcal{J}_s$, donc de $4\pi\mathcal{J}_0$ (d'après Sandford, $\mathcal{B}_s = 1,38\mathcal{B}_0$).

Les effets du recul magnétique, quelle qu'en soit la cause, sont d'une importance pratique considérable, se traduisant par :

une augmentation du flux de l'aimant;

une diminution de la force magnétomotrice disponible par suite du relèvement du flux;

une diminution de sensibilité à l'action des champs extérieurs, aux variations de température, aux chocs et enfin aux surcharges accidentelles qui peuvent se produire comme dans certains compteurs.

Nous étudions actuellement l'influence des températures de forgeage et de revenu sur la forme et les limites des caractéristiques principales et des cycles de recul.

OPTIQUE. — *Dichroïsme d'écoulement de solutions de fluorescéine.* Note (¹) de M. Serge Nikitine, transmise par M. Pierre Weiss.

L'étude de la polarisation de la lumière émise par fluorescence conduit à admettre que, lors de l'absorption et de l'émission de la lumière, les molécules de colorants se comportent comme un oscillateur électrique linéaire amorti (²) de direction de vibration fixe par rapport à l'édifice de la molécule. En me basant sur cette propriété, j'ai été amené à une explication du photodichroïsme (effet Weigert) (³). D'autre part, dans des solutions de colorants, on peut provoquer par écoulement une anisotropie dans la distribution de l'orientation des molécules, et il est à présumer qu'on doit alors observer un dichroïsme. Ce dichroïsme dépend à la fois de l'état d'orientation des molécules expérimentalement réalisé et de l'orientation du vibrateur dans la molécule.

Un dichroïsme d'écoulement a été observé sur des solutions colloïdales (⁴) dans des conditions hydrodynamiques complexes. Je me suis proposé d'étudier des solutions moléculaires et dans des conditions hydrodynamiques faciles à interpréter. Jeffery (⁵) a calculé le mouvement d'un ellipsoïde de révolution d'axes a, b et c ($b=c$) dans un liquide compris entre deux parois, l'une au repos, l'autre se déplaçant lentement parallèlement à elle-même, mais il n'a pas tenu compte du mouvement brownien. Boeder (⁶) a traité le même problème par une particule filiforme supposée assujettie à rester dans le plan perpendiculaire aux parois, mais a tenu compte du mouvement brownien. A partir de ces travaux, il est possible

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

(²) S. J. Wawilow et W. L. Lewschine, *Zs. f. Phys.*, 16, 1923, p. 135 et F. Perrin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 581; *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 169.

(³) S. Nikitine, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973.

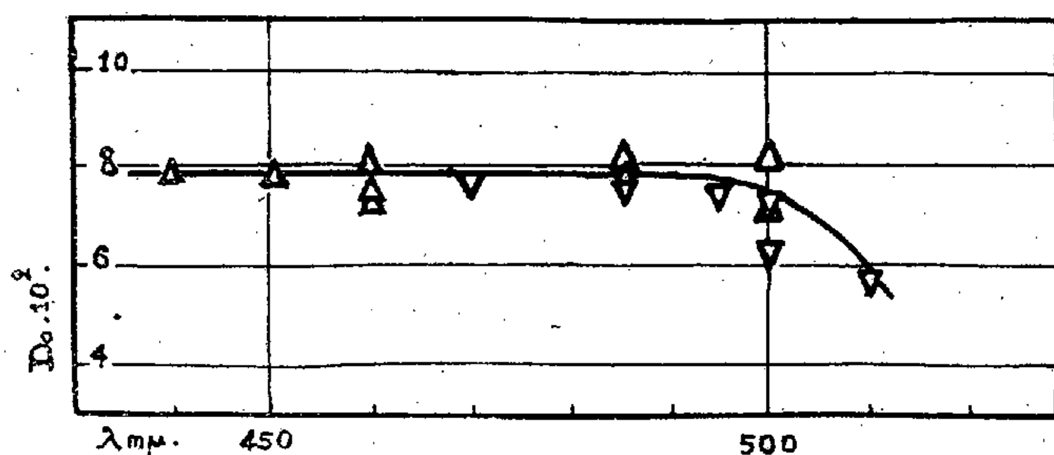
(⁴) H. Freundlich, F. Stapelfeldt et H. Zocher, *Zs. f. phys. Chem.*, 114, 1925, p. 161; H. Zocher et Fr. Jacoby, *Koll. Chem. Beih.*, 24, 1937, p. 365.

(⁵) G. B. Jeffery, *Proc. Roy. Soc.*, 102, 1922-1923, p. 161.

(⁶) P. Boeder, *Zs. f. Phys.*, 15, 1932, p. 258.

de prévoir l'orientation statistique des molécules dans les cas expérimentalement réalisés.

J'ai étudié des solutions de fluorescéine dans de la glycérine. Ces solutions étaient placées entre deux cylindres coaxiaux, dont l'un tourne. Un faisceau de lumière monochromatique polarisée rectilignement traverse le liquide parallèlement aux génératrices des cylindres. L'absorption dépend de l'orientation de la vibration lumineuse. Le coefficient d'absorption est maximum K_1 pour une direction 1 et minimum K_2 pour une direction perpendiculaire. Du fait de l'absorption inégale suivant 1 et 2, la direction de vibration d'un faisceau polarisé rectilignement subit, en traversant le milieu dichroïque, une rotation dès que la direction de vibration n'est



ni 1, ni 2. La rotation est maximum δ pour une direction de vibration à l'entrée à 45° de 1 et 2, et on a la relation

$$l(K_1 - K_2) = 2\delta,$$

l étant l'épaisseur du liquide traversé. L'étude de cette rotation permet de déterminer la direction des axes 1 et 2 et la valeur de $(K_1 - K_2)$ (7).

J'ai effectué d'autre part des mesures d'absorption du liquide au repos. J'admets que cette mesure donne $K_1 + K_2$. On peut prévoir que si la bande d'absorption est associée à un seul vibrateur, le rapport

$$D_0 = \frac{K_1 - K_2}{K_1 + K_2}$$

ne dépend ni de la longueur d'onde, ni de la concentration.

J'ai étudié des solutions dont la viscosité était de l'ordre de 12, 7 poises. Le produit σ de la viscosité par le gradient de vitesse a pu dépasser la valeur $2{,}5.10^4$.

(7) Cette méthode a été appliquée par MM. A. Cotton et H. Mouton, *Ann. Chim. Phys.*, **11**, 1907, p. 145.

Ces expériences m'ont permis de constater l'existence d'un dichroïsme d'écoulement pour les solutions étudiées et d'obtenir les résultats suivants : 1° l'orientation des axes 1 et 2 du dichroïsme change avec la vitesse; 2° pour de fortes vitesses 2 devient parallèle à la vitesse; 3° pour de faibles vitesses l'angle que fait l'axe 2 avec la vitesse ne dépasse probablement pas 45°; 4° parallèlement au changement de direction des axes, D_0 croît d'abord avec la vitesse. Aux fortes vitesses D_0 varie peu et tend probablement vers une valeur de l'ordre de 0,085; 5° comme le montre la figure, D_0 ne varie pratiquement pas avec la longueur d'onde, sauf au voisinage du bord de la bande d'absorption; 6° D_0 s'est trouvé être le même pour deux solutions de concentrations différentes, 10^{-6} gr/cm³ et $0,5.10^{-6}$ gr/cm³ (points ∇ et Δ de la figure); 7° ces dernières mesures ont été faites pour des valeurs de $\sigma = 1,6.10^4$. Dans ces conditions $D_0 = 0,079 \pm 0,003$.

Les résultats obtenus concordent avec les théories hydrodynamiques. Le fait que D_0 est indépendant de la longueur d'onde confirme que la bande d'absorption étudiée est associée à un seul oscillateur. Sa faible valeur conduirait à la conclusion que, la molécule de fluorescéine n'étant probablement pas très dissymétrique, le vibrateur correspondant à la bande étudiée fait un angle voisin de 90° avec le plus grand axe de la molécule supposée assimilable à un ellipsoïde de révolution. J'exposerai prochainement des considérations théoriques qui permettent d'interpréter les mesures de dichroïsme d'écoulement.

Ces mesures comportent des difficultés sérieuses, tant à cause de l'étroitesse imposée au faisceau lumineux qu'à cause de l'échauffement du liquide par frottement. J'ai pu éliminer certaines difficultés.

Je me propose d'étendre cette étude à d'autres colorants et d'augmenter la précision des mesures.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la focalisation de faisceaux corpusculaires par déviation circulaire en champ magnétique transversal.* Note de M. **Louis Cartan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Pour analyser un faisceau corpusculaire suivant ses composantes de masse ou d'énergie, on lui fait traverser la région de champ homogène qui règne dans l'entrefer d'un électro-aimant. Chaque particule est déviée selon une trajectoire circulaire dont le rayon est fonction du champ et des caractéristiques de la particule. Mais, en général, l'analyse n'est parfaite que si la

direction du faisceau incident est bien déterminée. Pour n'être pas obligé de la définir par des diaphragmes qui suppriment trop d'intensité, on s'efforce de faire converger sur le système récepteur tous les rayons compris au départ dans un angle solide assez ouvert. De plus, pour l'étude des spectres de masse, il faut définir le paramètre énergie par filtration dans un champ électrique cylindrique, et l'on a intérêt à rendre cette filtration aussi large que possible en assurant aussi la convergence des rayons d'énergie voisines. Les conditions de cette double focalisation sont déterminées par la forme du domaine de champ traversé qui doit jouer le rôle d'une lentille achromatique.

La forme semi-circulaire habituellement utilisée par les expérimentateurs présente divers inconvénients (volume de l'électro-aimant, influence du champ de fuite sur l'objet et l'image, mauvaise focalisation des énergies, etc.). Pour la forme de champ la plus générale, R. Herzog a calculé en 1934 (1) en quelle position se trouve l'image d'un objet émettant un faisceau divergent. Nous avons retrouvé les résultats de cet auteur par de simples considérations géométriques qui conduisent à la construction suivante : les perpendiculaires élevées de l'objet et de l'image sur le rayon moyen rencontrent les normales au domaine aux points d'incidence et d'émergence en A_1 et B_1 ; A_1 et B_1 sont alignés avec le centre O du cercle décrit dans le champ par le rayon moyen.

A partir de cette construction, on constate que, pour un objet et un champ donnés, le lieu des images dues aux diverses masses ou énergies séparées par le champ n'est pas une courbe simple. Mais il suffit de placer la plaque photographique tangentiellement au lieu pour avoir une bonne focalisation des angles sur une large plage, le choix plus précis de la forme du champ devant permettre de satisfaire à diverses conditions, telles que maximum du pouvoir séparateur, linéarité du spectre, etc. De même, en spectrographie de masse, les deux lieux de focalisation (des angles et des énergies) sont de forme compliquée et ne coïncident que dans des cas exceptionnels, tels que ceux signalés par Mattauch et Herzog (2), dont nous retrouvons les résultats par la géométrie pure. Généralement les deux lieux se coupent en un seul point, et les meilleures formes de champ sont celles qui assurent la tangence des deux lieux en même temps que la linéarité de l'échelle des masses, une grande dispersion, etc.

(1) R. Herzog, *Zeit. für Physik*, 89, 1934, p. 447.
(2) J. Mattauch et R. Herzog, *Zeit. für Physik*, 89, 1934, p. 786.

Nous avons trouvé quelques solutions pratiques à ces diverses problèmes, à partir d'une formule générale qui donne le point d'impact d'un rayon quelconque sur la plaque photographique, pour des champs à limites rectilignes. Si Φ est l'angle au centre balayé dans le champ par la trajectoire moyenne, sous le rayon de courbure ρ ; ε' et ε'' les angles d'incidence et d'émergence ; l' et l'' les distances au champ de l'objet et de l'image ; ω l'angle de la plaque avec la face de sortie du champ ; s et α les paramètres de décalage et d'inclinaison d'une trajectoire quelconque dont le rayon de courbure est r ; la distance d du point d'impact de cette trajectoire à celui de la trajectoire moyenne est, en introduisant l'angle intermédiaire Θ,

$$d.\cos\frac{(\omega-\Theta)}{\cos\Theta} = r[\cos\Theta - \cos(\Phi - \varepsilon'' + \alpha)] - \rho[\cos\varepsilon'' - \cos(\Phi - \varepsilon'')]$$
$$+ \frac{s\cos\alpha + l'\sin\alpha}{\cos(\varepsilon' - \alpha)}\cos(\Phi + \varepsilon' - \varepsilon'') + l''(\operatorname{tang}\Theta\cos\varepsilon'' + \sin\varepsilon'');$$
$$\sin\Theta = \sin(\Phi - \varepsilon'' + \alpha) - \frac{\rho}{r}[\sin(\Phi - \varepsilon'') + \sin\varepsilon'']$$
$$- \frac{\sin(\Phi + \varepsilon' - \varepsilon'')}{r}\,\frac{s\cos\alpha + l'\sin\alpha}{\cos(\varepsilon' - \alpha)}.$$

Quand les caractéristiques de la trajectoire diffèrent peu de celles de la trajectoire moyenne, c'est-à-dire quand α, s/ρ et $r - \rho/\rho$ sont petits, on calcule le développement de d au premier et au second ordre. C'est l'annulation d'un certain nombre de termes du second ordre qui est imposée par les conditions expérimentales, et nous avons pu montrer que l'existence du champ de fuite ne suffit pas à perturber les résultats, pourvu que celui-ci règne dans une zone peu étendue vis-à-vis de la largeur des pôles.

Voici, en conséquence, quelques-uns des principaux dispositifs expérimentaux que l'on peut proposer, plusieurs autres arrangements ayant été étudiés, notamment dans le cas où les pièces polaires sont de révolution (ν est l'angle de la droite A_1OB_1 avec la face de sortie du champ) :

1° pour l'étude des énergies, $\varepsilon' = \varepsilon'' = 0$, $\Phi = 97°$, $\nu = 62°$, $\omega = 48°30'$; cet arrangement assure, sur une large plage, la même focalisation que le dispositif à 180° tout en écartant du champ objet et image, réduisant la dimension des pièces polaires et multipliant, à ρ égal, le pouvoir séparateur par $4/3$;

2° pour l'étude des masses, quand l'ouverture du faisceau est faible : $\varepsilon' = \varepsilon'' = 0$, $\Phi = 65°30'$; objet et image sont à égale distance du champ et la plaque alignée sur la droite qui les joint. C'est, avec une valeur plus

précise de l'angle de champ, le dispositif de Bainbridge et Jordan ([3]);

3° le spectrographe de masse défini par $\varepsilon' = 35°30'$, $\varepsilon'' = 0$, $\Phi = 99°15'$ (ouverture du secteur de champ $63°45'$), $\varphi = 65°15'$, $\omega = 52°45'$ assure simultanément une focalisation étendue des angles et des énergies en même temps que la linéarité du spectre et une dispersion plus élevée que le dispositif précédent (facteur de multiplication 1,65).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Approximation de Gauss pour les systèmes généraux de l'optique électronique.* Note de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons, dans un champ électromagnétique permanent, des corpuscules électrisés décrivant des trajectoires suffisamment voisines d'une courbe C. Il est naturel de choisir un système de coordonnées curvilignes x, y, z, dans lequel l'équation de la courbe C est $x = 0$, $y = 0$. Nous prendrons pour surfaces $z = z_0$, des plans normaux à C aux points d'abscisse curviligne z_0; la surface $x = 0$ sera une surface développable, formée par une famille de normales; la surface $y = 0$ sera formée par une autre famille de normales perpendiculaires aux premières; dans tout plan $z = z_0$, les droites $x = \text{const.}$, $y = \text{const.}$ formeront un système cartésien rectangulaire.

Sur une trajectoire, l'intégrale d'action est stationnaire; si dans cette intégrale on peut négliger les termes de degré plus grand que 2 en x', y',

$$x' = \frac{dx}{dz}, \qquad y' = \frac{dy}{dz},$$

on obtient, pour les trajectoires deux équations différentielles en x et y, dont les coefficients sont fonctions seulement de la variable indépendante z :

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{e}{c}\mathrm{H}_y - d_1 + \frac{d}{dz}\left(n_0 x' - \frac{e}{c} y \mathrm{H}_z\right) \\ &\quad = x\left[d_{11} + \frac{e}{c}\left(\theta \mathrm{H}_y - \frac{\partial \mathrm{H}_y}{\partial x}\right)\right] + y\left[d_{12} + \frac{e}{c}\left(-\theta \mathrm{H}_x + \frac{\partial \mathrm{H}_x}{\partial x}\right)\right], \\ &-\frac{e}{c}\mathrm{H}_x - d_2 + \frac{d}{dz}\left(n_0 y' + \frac{e}{c} x \mathrm{H}_z\right) \\ &\quad = x\left[d_{12} + \frac{e}{c}\left(\omega \mathrm{H}_y - \frac{\partial \mathrm{H}_y}{\partial y}\right)\right] + y\left[d_{22} + \frac{e}{c}\left(-\omega \mathrm{H}_x + \frac{\partial \mathrm{H}_x}{\partial y}\right)\right], \end{aligned}\right.$$

([3]) K. T. Bainbridge et E. B. Jordan, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 282.

Dans cette formule θ et ω sont des fonctions de z liées à la courbure et à la torsion de C.

H_x, H_y, H_z, $\partial H_x/\partial x$, $\partial H_x/\partial y$, $\partial H_y/\partial x$, $\partial H_y/\partial y$ représentent les projections du champ magnétique sur les lignes coordonnées, et les dérivées de ces projections, toutes ces expressions étant prises au point z de C, n_0 est la grandeur de la quantité de mouvement, c'est-à-dire $\sqrt{2\mu(W_0 - eV_0)}$, si μ est la masse du corpuscule, e la charge, W_0 l'énergie, $V_0(z)$ le potentiel électrique au point z de C.

d_1, d_2, d_{11}, d_{12}, d_{22} dépendent seulement de n_0, du champ électrique et de ses dérivées au point z de C.

Considérons la famille des trajectoires d'énergie W_0, et supposons que C soit une de ces trajectoires; faisons subir aux axes xy dans tout plan $z = z_0$ une rotation

$$\varphi(z_0) = \int^{z_0} \frac{e}{2cn_0} H_z \, dz. \tag{2}$$

Rapportée à ces nouveaux axes, la trajectoire a des équations dont la forme

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dz}(n_0 X') = X\,q(z) + Y\,r(z), \\ \dfrac{d}{dz}(n_0 Y') = X\,r(z) + Y\,s(z) \end{cases} \tag{3}$$

rappelle le cas où le champ magnétique est absent.

La séparation des équations (2) ou (3) en deux équations du second ordre indépendantes apparaît en général impossible. Elle est immédiate s'il existe un plan de symétrie P, tel qu'en tout point de P, le champ électrique soit contenu dans P, et le champ magnétique normal à P. La courbe C sera prise dans ce plan à qui nous donnerons pour équation $y = 0$. ω sera nul, θ sera la courbure $1/R$ au point z; les équations (1) deviennent

$$p(z) + \frac{d}{dz}(n_0 x') = x\,q(z), \tag{4}$$

$$\frac{d}{dz}(n_0 y') = y\left[\frac{\mu e}{n_0}\frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{e}{c}\frac{\partial H_y}{\partial x}\right], \tag{5}$$

où

$$\begin{cases} p(z) = \dfrac{e}{c} H_y - \dfrac{\mu}{n_0} e E_x + n_0\theta, \\ q(z) = \dfrac{\mu e}{n_0}\left(\dfrac{\partial E_x}{\partial x} - 2\theta E_x\right) - \dfrac{\mu^2 e^2 E_x^2}{n_0^3} + \dfrac{e}{c}\left(\theta H_y - \dfrac{\partial H_y}{\partial x}\right). \end{cases} \tag{6}$$

E_x, E_y, $\partial E_x/\partial x$, $\partial E_y/\partial y$ sont des fonctions de z qui représentent les projections du champ électrique au point z de C sur les axes de coordonnées, ainsi que les dérivées des projections du champ électrique.

Si C est une trajectoire d'énergie W_0, on peut utiliser la relation $p = 0$ et l'équation de Poisson pour mettre (4) sous la forme

$$(7) \quad \frac{d}{dz}(n_0 x') = x\left[-n_0\theta^2 + \frac{\mu e}{n_0}\left(4\pi\rho + \frac{d^2 V_0}{dz^2} - \frac{\partial E_y}{\partial y}\right) - \frac{\mu^2 e^2 E_x^2}{n_0^3} - \frac{e}{c}\frac{\partial H_y}{\partial x}\right],$$

$\rho(z)$ désigne la densité électrique au point z de C.

Considérons des trajectoires assujetties à passer à travers deux ouvertures normales à une trajectoire moyenne C placées aux points $z = a$, $z = b$. Soient u et v deux solutions de (7) définies par

$$(8) \quad u(a) = 1, \quad v(a) = 0, \quad u(b) = 0, \quad v(b) = 1.$$

La trajectoire passant par le point x_1 de l'ouverture A et le point x_2 de l'ouverture B, et correspondant à une valeur de l'énergie (ou de la masse) qui diffère de $d\lambda$ de la valeur sur C, a pour équation

$$(9) \quad x = x_1(u + \xi\, d\lambda) + x_2(v + \eta\, d\lambda) + \chi\, d\lambda,$$

ξ, η, χ se calculent facilement à partir de u, v, u', v', $dn_0/d\lambda$, $\beta = dp/d\lambda$, $dq/d\lambda$.

En particulier, imaginons que l'ouverture A soit une fente fine; si v s'annule pour $z = \zeta$, nous obtiendrons, au voisinage du point ζ de la courbe C un spectre, dont la dispersion sera définie par

$$(10) \quad \chi(z) = \frac{1}{n_0(\zeta)\, v'(\zeta)} \int_a^{\zeta} \beta v\, dz.$$

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Comparateur photoélectrique*. Note [1] de MM. **Raymond Roure**, **Louis Quevron** et **René Gense**, présentée par M. Aimé Cotton.

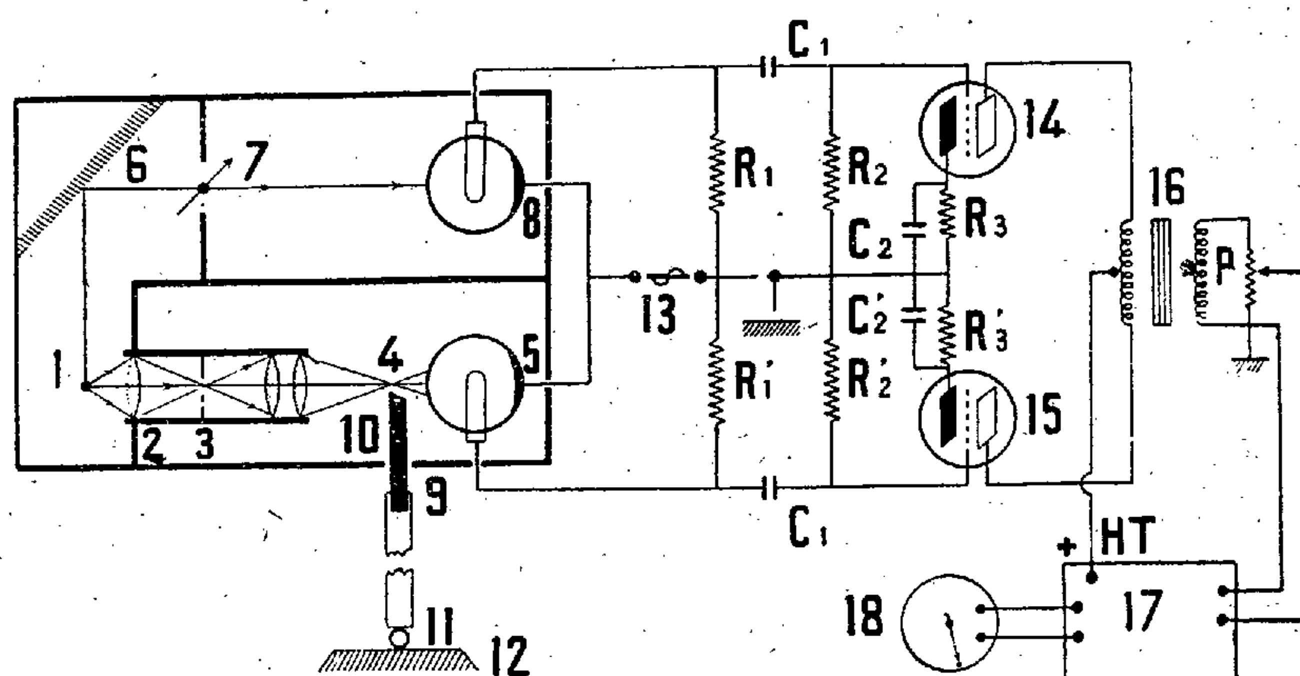
Le comparateur photoélectrique ramène la mesure d'une variation de longueur à la mesure d'une variation de courant. L'appareil se branche sur le secteur alternatif. Il comprend *un système optique* (voir la figure); une lampe 1 éclaire une fente 3; un système optique 2 donne en 4 une image

[1] Séance du 5 juillet 1937.

de cette fente; elle est semblable à la *fente optique* du lecteur de son du cinéma sonore; sa largeur est de 15 microns; elle est irisée par suite de la diffraction, et il ne nous a pas encore semblé nécessaire d'améliorer sa qualité optique en opérant en lumière monochromatique.

Un palpeur 9 portant un couteau 10; la pièce à examiner II est placée entre le bâti de l'appareil 12 et le palpeur qui appuie avec une force constante; le déplacement du couteau produit des variations d'intensité lumineuse.

Une cellule photoélectrique 5 et son *amplificateur* transforment la variation d'énergie lumineuse en énergie électrique, les variations correspondantes



sont lues sur un milliampèremètre 18 ou tout autre appareil enregistreur ou non. Un déplacement de 1 micron produit une variation d'intensité de 0,4 milliampère.

L'amplification du courant continu étant délicate, nous avons recherché le fonctionnement sur secteur alternatif industriel. La cellule 5 est modulée à la fréquence du secteur grâce au secondaire du transformateur 13; ou mieux, en utilisant une source 1, à filament rectiligne, de faible inertie thermique, alimenté sous 6 volts; la fréquence de modulation est alors égale au double de celle du réseau.

Les variations de courants photoélectriques sont amplifiées par un amplificateur basse fréquence. Les variations de tension du réseau, ou autres, sont éliminées par montage symétrique.

Les cellules 5 et 8 sont montées en opposition; la cellule 8 est éclairée par la source 1, un obturateur réglable 7 permet de mettre l'appareil 18 au zéro, avant de faire la mesure. Les lampes 14 et 15 appartiennent au

préamplificateur et l'amplificateur 17 est alimenté par le transformateur à prise médiane 16.

La sensibilité de l'appareil est réglable en agissant soit sur l'intensité du courant de chauffage de la lampe 1, soit sur le potentiomètre P; on peut apprécier depuis le millimètre jusqu'à une fraction de décimicron.

Sur le même principe nous poursuivons la mesure des petits déplacements tels que ceux d'un fléau de balance (pesée photoélectrique); d'un indicateur de niveau; l'intégration d'un contour; la mesure des angles et le contrôle de la taille des engrenages.

La topographie d'une surface se fait très rapidement; le contrôle du diamètre d'un fil, le degré de rectification d'une pièce s'obtient par un mouvement de translation de l'objet dans la fente optique.

RADIOCHIMIE. — *Sur le spectre d'émission ultraviolet de la dissociation thermique lente de l'azoture d'argent.* Note (1) de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré (2) que la thermolyse lente des azotures est accompagnée d'une émission de rayonnement ultraviolet décelable par des compteurs photoélectriques de haute sensibilité. En déterminant la variation de l'intensité lumineuse en fonction de la température, on calcule les énergies d'activation des réactions photogéniques, et l'on vérifie que le processus intermédiaire d'émission est indépendant du cation associé et caractéristique du groupement N^3.

Il était particulièrement important de pouvoir préciser le spectre de ces réactions. Les méthodes spectrographiques ordinaires sont impuissantes, étant donné le petit nombre de photons émis. Aussi a-t-on réalisé le dispositif suivant : l'azoture d'argent chauffé à température constante est disposé devant la fente d'entrée d'un monochromateur à prisme de quartz et à miroir d'aluminure Jobin et Yvon; devant la fente de sortie est disposé le compteur photoélectrique à iodure de cuivre dont la courbe de sensibilité spectrale a été préalablement déterminée. (Maximum de sensibilité compris suivant les cellules entre 2100 et 2150 Å).

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) R. Audubert et H. Muraour, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 431; R. Audubert, *ibid.*, 204, 1937, p. 1192.

Il est ainsi possible d'explorer un domaine de longueurs d'onde compris entre 1800 et 1950 Å.

Les fentes du monochromateur étaient utilisées avec leur ouverture maximum afin d'avoir des effets aussi grands que possible; malgré cela la longueur des bandes spectrales sortantes était assez faible pour permettre une exploration convenable de l'émission, comme le montre le tableau.

Longueur d'onde (en Å)...	1975.	2000.	2100.	2150.	2200.	2250.
ΔN (accroissement de la fréquence des décharges).....	+4,8 ± 2	−0,8 ± 2	+1,6 ± 2	+17 ± 4	+3,6 ± 2	−0,9 ± 1
Écart réel/écart type.......	2,4	1,2	–	–	1,2	–

Longueur d'onde (en Å)...	2300.	2350.	2400.	2450.	2500.	2600.
ΔN (accroissement de la fréquence des décharges)....	+15 ± 3	+4 ± 2	+18 ± 3	+2 ± 1,5	−3 ± 1,5	+2 ± 1,8
Écart réel/écart type.......	–	1,0	–	–	–	–

Les écarts moyens de fluctuation du nombre des décharges du compteur en l'absence de rayonnement étaient préalablememt mesurés et égaux à 2,2; seuls étaient considérés comme positifs les effets correspondant à un accroissement ΔN au moins égal à deux fois l'écart moyen à l'obscurité.

Dans les cas douteux, un très grand nombre d'expériences était effectué, l'écart type obtenu par la simple probabilité à chances égales était comparé à l'écart réel.

Ces résultats mettent en évidence l'existence sûre de trois bandes correspondant aux longueurs d'onde (en Å) :

$$2150 \pm 25, \quad 2300 \pm 35, \quad 2400 \pm 40,$$

dont les intensités relatives, en prenant pour unité l'émission de la bande 2150 Å, seraient, en tenant compte de la courbe de sensibilité spectrale de la cellule :

Å.................	2150	2300	2400
I.................	17 ± 4,	30 ± 6,	60 ± 10.

Enfin, il semble que l'on puisse aussi, avec une grande présomption, affirmer l'existence d'une bande d'émission aux environs de 1980 Å.

Malheureusement, dans cette région la sensibilité de la cellule est médiocre et l'émission relativement faible, si bien que l'accroissement du nombre des décharges est à peine supérieur au double de l'écart moyen de fluctuations spontanées. Mais le rapport de l'écart type à l'écart réel est

voisin de 2,4, aussi peut-on considérer comme très probable l'existence de cette bande d'émission.

Naturellement son intensité ne peut être, dans de telles conditions, que grossièrement appréciée; à titre de comparaison, compte tenu de la courbe de sensibilité spectrale de la photocathode, elle serait de 32 ± 12, rapportée comme dans les autres cas à l'intensité d'émission de la bande 2150 Å.

En résumé, la thermolyse lente de l'azoture d'argent est accompagnée d'un processus photogénique correspondant à trois bandes étroites d'émission entre 1950 et 2600 Å.

Si l'on examine le spectre électronique de la molécule N_2, on y trouve des états susceptibles de rendre compte des longueurs d'onde des bandes d'émission observées expérimentalement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagramme de solidification et conductivité électrique des alliages rubidium-cæsium.* Note [1] de M. **Émile Rinck**, transmise par M. Georges Urbain.

Les alliages rubidium-cæsium, dernier couple des alliages binaires des métaux alcalins, ont été étudiés de façon analogue à celle décrite dans une Note précédente [2].

Les métaux étaient obtenus à partir de leurs chlorures par réaction avec du calcium métallique (procédé Hackspill), ils étaient purifiés par une double distillation dans le vide. Leurs points de fusion étaient alors de 28,4° C. pour le cæsium, de 38,85° C. pour le rubidium.

Les mélanges des deux métaux étant extrêmement altérables, toutes les opérations ont été effectuées dans un vide rigoureux, constamment surveillé.

Diagramme de solidification. — Les résultats obtenus par analyse thermique ont permis de tracer le diagramme de solidification reproduit dans la figure 1. Il montre que le rubidium et le cæsium forment une série ininterrompue de solutions solides. Le liquidus et le solidus présentent un minimum à + 9° C. pour un mélange équimoléculaire des deux métaux, correspondant exactement à la composition Rb + Cs.

Conductivité électrique. — L'analyse thermique ne permet pas de mettre en évidence si l'eutectique Rb + Cs correspond à une combinaison définie

---

(1) Séance du 21 juin 1937.
(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 255.

ou à un simple mélange homogène. Comme dans le cas des potassium-cæsium précédemment étudiés ([3]), nous avons déterminé la conductivité électrique des alliages rubidium-cæsium en fonction de la température et de leur composition.

Après avoir effectué l'analyse thermique d'un mélange, on fait couler le métal fondu dans un tube portant quatre contacts en platine, puis on comprime par de l'argon pur pour obtenir un remplissage parfait. On fait passer un courant de quelques dixièmes d'ampère par les deux contacts extrêmes et l'on compare au moyen d'un potentiomètre, la différence de potentiel entre les deux contacts inférieurs à celle que le même courant crée aux bornes d'une résistance étalon.

Les résultats des mesures, présentés sous forme d'une courbe conductivité-température, donnent avec une grande précision les températures de

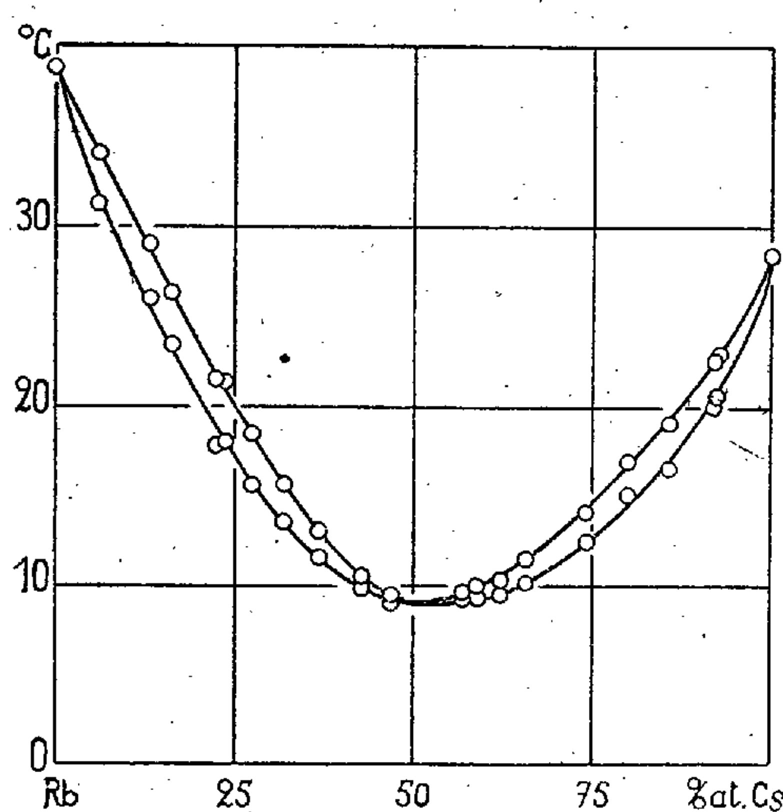


Fig.1

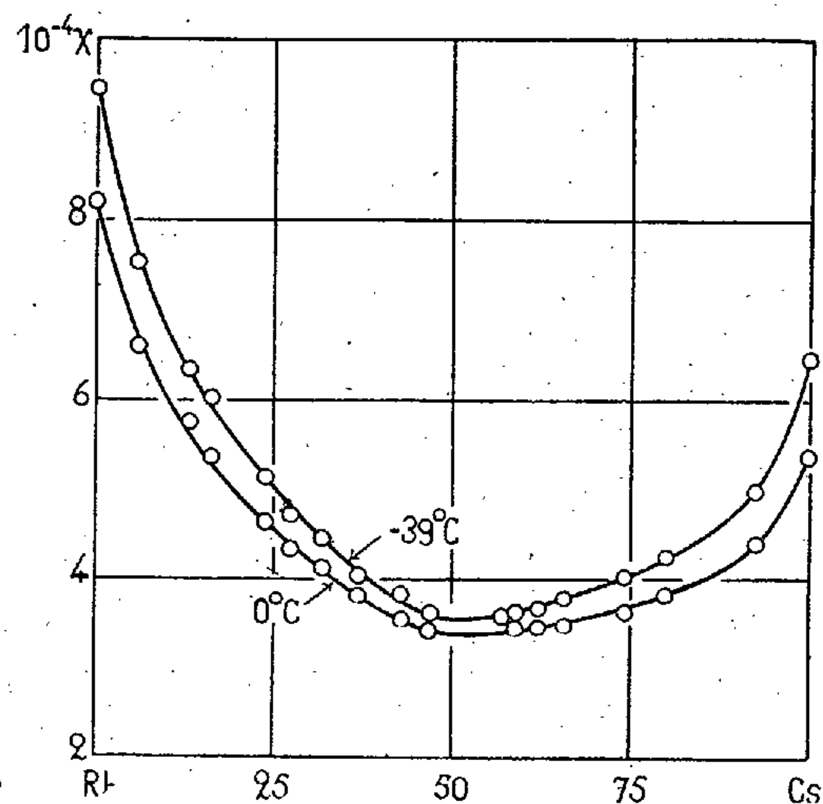


Fig.2

solidification commençantes et finissantes de l'alliage considéré, ce qui constitue un contrôle précieux des données fournies par l'analyse thermique.

Dans la figure 2 nous avons représenté les isothermes — 39°C. et 0°C. de la conductivité en fonction de la composition des alliages Rb — Cs. On constate que pour les deux isothermes la conductivité est minimum pour la composition Rb + Cs. Il en ressort que cet alliage particulier n'est pas un composé défini, mais est formé par un simple mélange de rubidium et de cæsium.

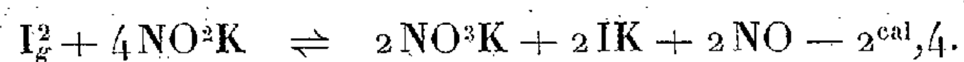
([3]) Goria, *Gaz. Chim. Ital.*, 65, 1935, p. 1226.

Travail antérieur. — Nos résultats sont en contradiction absolue avec ceux publiés récemment par Goria ([3]), qui a fait l'analyse thermique des alliages rubidium-cæsium.

D'après cet auteur ces alliages ne forment ni composé défini, ni solutions solides; le diagramme de solidification serait caractérisé par un eutectique à 81 pour 100 d'atomes de Cs, fondant à — 30°C. De pareilles divergences semblent inexplicables, d'autant plus que dans aucun cas, ni par analyse thermique poussée régulièrement jusqu'à — 60°C., ni par des mesures de résistivité, nous n'avons pu constater l'existence d'un eutectique. Toutefois, on peut faire remarquer que Goria n'a pas opéré dans le vide, mais s'est contenté de travailler en atmosphère inerte, où une altération des métaux alcalins, soit par des traces d'humidité, soit par des gaz insuffisamment purifiés, est toujours à craindre. L'eutectique à — 39°C. observé par Goria correspondrait alors à un mélange ternaire ou quaternaire Cs — Rb — O — OH.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action réversible de la vapeur d'iode sur le nitrite de potassium sec. Influence de la miscibilité de ce sel avec le nitrate correspondant.* Note de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Georges Urbain.

Les relations qui permettent de définir les conditions d'équilibre d'une réaction de dissociation, lorsque les deux constituants condensés sont solubles l'un dans l'autre ([1]), se généralisent très facilement. A titre d'exemple, nous choisirons volontairement un cas particulièrement complexe, celui de l'action de la vapeur d'iode sur le nitrite de potassium :



$$I^2_g + 4NO^2K \rightleftharpoons 2NO^3K + 2IK + 2NO - 2^{cal},4.$$

Ce système comporte quatre constituants indépendants et trois phases : une phase gazeuse (I^2 et NO), une phase solide pure (IK) et une phase condensée mixte (NO^2K — NO^3K) ([2]). Il est donc trivariant.

Admettons que le mélange de nitrite et de nitrate de potassium se comporte comme une solution idéale, et soient N_1 et N_2 les fractions moléculaires respectives de ces deux sels dans la phase mixte ($N_1 + N_2 = 1$). En

([1]) Dodé, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1359; **204**, 1937, p. 1938.

([2]) Le nitrite et le nitrate de potassium sont entièrement miscibles tant à l'état solide qu'à l'état liquide (Maneghini, *Gaz. chim. Ital.*, **42**, II, 1912, p. 473).

désignant par K la constante d'équilibre habituelle, nous aurons

$$K = \frac{p_{NO}^2}{p_{I^2}} \times \frac{N_2^2}{N_1^4} = \frac{p_{NO}^2}{p_{I^2}} \times \frac{(1-N_1)^2}{N_1^4},$$

d'où

(I) $$p_{NO} = (\sqrt{K p_{I^2}}) \frac{N_1^2}{1-N_1}.$$

Si l'on calcule la constante K au moyen de la formule de Nernst [3]

$$\log K = \frac{-2{,}400}{4{,}57\,T} + 1{,}75 \log T + 3,$$

on voit que l'équation (I) doit permettre de se faire une idée *a priori* sur les conditions d'équilibre du système chimique envisagé.

L'étude expérimentale complète serait extrêmement longue, et je me suis contenté d'examiner un cas particulier, celui où une partie du système est maintenue à la température ambiante [4], ce qui fixe la tension de la vapeur d'iode. Le mélange de sels étant porté à une température constante, la pression d'équilibre ne dépend plus alors que de la composition de la phase mixte. En posant

$$\log \pi_{NO} = \frac{1}{2}(\log K + \log p_{I^2}),$$

on obtient ainsi

(II) $$p_{NO} = \pi_{NO} \frac{N_1^2}{(1-N_1)}.$$

formule dans laquelle π_{NO} représente la pression du nitrosyle qui satisferait aux conditions d'équilibre si toutes les phases condensées étaient constituées par des corps purs.

Le phénomène étudié est parfaitement réversible, et les vitesses de réaction sont même assez grandes au début. Mais elles diminuent ensuite très rapidement, et les états d'équilibre véritables ne sont atteints qu'après un mois à 350° et après deux mois à 300°. On pourrait évidemment accélérer ces réactions en opérant à température plus élevée, mais alors le phénomène se compliquerait par suite de la formation de peroxyde d'azote.

---

(3) Constante chimique de l'iode 4 et du nitrosyle 3,5.

(4) Les essais ont été effectués avec une zone froide à 16° C. D'après Dewar, *Chem. News*, **78**, 1878, p. 328, $\log p_{I^2} = -3{,}7$ dans ces conditions.

Voici les résultats obtenus à 300° et à 350° :

1° *A la température de* 300° C.

Pression du nitrosyle à l'équilibre (en atmosphère).	Composition de la phase mixte (molécules NO^2K pour 100).										
	1.	2,7.	3.	4,9.	9,8.	12,4.	15,1.	19,8.	30,2.	39,4.	45,2.
Calculée $p = 40 \frac{N_1^2}{1 - N_1}$ ...	0,004	0,030	0,036	0,10	0,43	0,70	1,08	1,9	5,2	10,4	15,0
Observée (*)...........	0,05	0,055	0,06*	0,06	0,10	0,13*	0,20	0,41	0,60	1,29	1,8

2° *A la température de* 350° C.

Pression du nitrosyle à l'équilibre (en atmosphère).	Composition de la phase mixte (molécules NO^2K pour 100).			
	3.	10,4.	21,3.	32,0.
Calculée $p = 40 \frac{N_1^2}{1 - N_1}$	0,043	0,57	2,6	7,2
Observée (*)...............	0,07	0,13*	0,46	0,81

(*) Les essais marqués d'un astérisque ont été effectués dans le sens de la formation du nitrosyle, les autres en sens inverse.

On voit que les écarts qui existent entre les valeurs calculées et observées sont assez importants. A 300°, par exemple, et sous la pression atmosphérique, l'action du nitrosyle sur le nitrate se poursuit jusqu'à ce que la proportion de nitrite formé soit de 35 pour 100 au lieu de 15 pour 100 calculé d'après la formule II. Sous un dixième d'atmosphère, on trouve de même 10 pour 100 au lieu de 5 pour 100. Mais de telles différences ne doivent pas nous surprendre. Indépendamment de la phase mixte, la réaction étudiée fait en effet intervenir un constituant solide pur dont la solubilité dans la phase mixte liquide n'est peut-être pas nulle. De plus, les coefficients réactionnels des composés condensés miscibles ne sont pas les mêmes dans les deux membres de la réaction, ce qui augmente de façon très sensible l'influence des phénomènes de miscibilité. Enfin, la quantité de chaleur mise en jeu est très faible, si bien que l'effet thermique accompagnant la dissolution du nitrite dans le nitrate provoque une modification sensible et progressive de la chaleur de réaction.

Nous voyons en tous cas que malgré la complexité de la réaction étudiée, le fait de tenir compte de la miscibilité du nitrite et du nitrate de potassium, en faisant l'hypothèse très simple que la phase mixte est une solution idéale, permet de se faire une idée des conditions d'équilibre véritables.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur le diamagnétisme des solutions d'iode et la pureté de l'alcool.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré (¹) que la loi d'additivité des coefficients d'aimantation s'appliquait parfaitement aux solutions violettes et brunes d'iode, mais que, pour les solutions dans l'alcool éthylique, quelques difficultés se présentaient.

Nous avions en effet utilisé des alcools dits purs du commerce, et nous avions constaté, par les essais classiques, qu'aucun d'entre eux ne présentait ce caractère.

Les uns ont un coefficient d'aimantation trop faible, $-0,736.10^{-6}$ au lieu de $-0,744.10^{-6}$, valeur admise et retrouvée par nous-même dans un autre travail (²); d'autres présentent une valeur trop forte $-0,756.10^{-6}$.

Si l'on remarque que les impuretés les plus volatiles, dites *de tête* : aldéhyde éthylique, acétone, alcool méthylique, ont respectivement des coefficients d'aimantation égaux à $-0,502.10^{-6}$; $-0,581.10^{-6}$; $-0,650.10^{-6}$ nettement inférieurs à celui de l'alcool éthylique, et que les impuretés moins volatiles, dites *de queue* : alcool amylique et alcools supérieurs, ont des coefficients nettement supérieurs à celui de l'alcool éthylique : $-0,766.10^{-6}$ pour l'alcool amylique normal, $-0,799.10^{-6}$ pour l'alcool isoamylique, $-0,804.10^{-6}$ pour l'alcool amylique tertiaire, on en conclut aussitôt que la mesure du coefficient d'aimantation, en dehors des essais chimiques, permet de voir la nature, tête ou queue, des impuretés souillant le liquide. Malheureusement, si l'alcool est souillé des deux catégories d'impuretés, son coefficient d'aimantation peut être très voisin de la valeur normale, tout en étant très impur.

L'utilisation de l'iode lève cette indétermination.

Si l'on dissout, en effet, de l'iode pur et parfaitement sec dans l'alcool, on constate que la loi d'additivité ne s'applique pas plus avec l'alcool souillé d'impuretés de tête qu'avec l'alcool souillé d'impuretés de queue, mais, par contre, s'applique parfaitement à l'alcool absolu réellement pur. Cet alcool pur a été obtenu en maintenant l'un ou l'autre des alcools précédents

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1248.

(²) C. Courty, *Thèse Doctorat Sc. phys.*, Fac. des Sc. Paris, 1935.

en contact avec du sodium pendant plusieurs jours, puis en le distillant et ne prenant que le cœur.

Voici les résultats obtenus. La lettre χ désigne les coefficients d'aimantation.

Titre en iode °/₀ du total.	$-10^6\chi_M$ (*).	$-10^6\chi_C$ (**).	Différence $-10^6(\chi_M-\chi_C)$.	Écart °/₀ par rapport à $-10^2\chi_C$.
I. *Solutions dans l'alcool de coefficient trop faible* $10^6\chi = -0,736$.				
3,2	0,690	0,724	−34	−4,6
7,4	0,692	0,709	−17	−2,3
15,9	0,655	0,677	−22	−3,2
II. *Solutions dans l'alcool de coefficient trop fort* $10^6\chi = -0,756$.				
6,11	0,730	0,732	− 2	−0,2
12,9	0,715	0,705	+15	+2,1
III. *Solutions dans l'alcool pur* $10^6\chi = -0,744$.				
2,93	0,733	0,733	0	0
10,46	0,704	0,704	0	0

(*) M, mesuré; (**) C, calculé.

On remarquera que les écarts pour 100 des tableaux I et II seraient évidemment plus forts si on les rapportait au coefficient vrai −0,744, et non à celui mesuré pour l'alcool dont il s'agit.

Comme les mesures sur une même solution conservée en tube scellé ont montré que le coefficient d'aimantation ne variait pas avec le temps, tout au moins dans l'intervalle d'un mois, il semble qu'un essai de l'alcool absolu, par ce procédé, peut présenter pour le chimiste un intérêt assez grand, surtout si l'on remarque que 3^{cm^3} d'alcool et quelques paillettes d'iode, récupérables ensuite par évaporation, suffisent et que l'essai ne nécessite pas plus de 30 minutes de temps.

Bien entendu, il faut une certaine habitude des mesures magnétiques pour obtenir une précision de l'ordre de 0,5 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un nouveau mode de transformation.*

Note [1] de M. **André Debierne**, présentée par M. Paul Langevin.

J'ai observé, au cours d'expériences déjà anciennes, que, dans la purification de l'hélium par adsorption des gaz étrangers, principalement l'hydro-

[1] Séance du 5 juillet 1937.

gène, dans du charbon, bien purgé de gaz et en équilibre thermique avec un bain d'air liquide, les premières portions de gaz adsorbé déterminent une vaporisation très vive, et tout à fait anormale du bain réfrigérant. L'introduction d'une dizaine de centimètres cubes de gaz peut provoquer la vaporisation de 100^{cm^3} d'air liquide, correspondant à un dégagement considérable d'énergie au moment de l'adsorption de ces premières portions de gaz.

J'ai demandé à M. René Lepointe de faire quelques déterminations quantitatives, et d'après mes indications il réalisa un dispositif calorimétrique basé sur la mesure du volume de gaz obtenu dans la vaporisation du bain d'air liquide. Il étudia différents gaz et ses résultats sur l'adsorption de l'hydrogène confirmèrent pleinement mes observations. Lorsque la quantité d'hydrogène mise en contact avec le charbon refroidi est petite, la quantité de chaleur, rapportée à 1 mol/g de gaz, observée dans certaines expériences, a dépassé 250 000 calories, chiffre très supérieur à la chaleur de combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène. Les autres gaz usuels, oxygène, azote, argon, ont donné un effet beaucoup plus petit [2].

J'ai repris cette étude et les résultats suivants ont été établis. A la température d'ébullition de l'azote liquide (—195°), l'hélium pur donne un dégagement d'énergie comparable à celui obtenu avec l'hydrogène. Avec le néon le phénomène se produit aussi, mais il est de moindre importance et le gaz n'était pas absolument pur. A la température d'ébullition du chlorure de méthyle (—24°), le phénomène, s'il existe, est très petit.

Lorsque la quantité de gaz, hydrogène ou hélium, mise en contact avec le charbon en équilibre thermique dans le bain d'azote liquide, est suffisamment petite, l'énergie rapportée à 1 mol/g de gaz peut être supérieure à *cent millions de calories*. Comme il est possible qu'une partie importante du gaz n'intervienne pas, l'énergie est peut-être beaucoup plus grande.

Il est difficile d'admettre que cette énergie puisse résulter d'une simple adsorption, même en couche moléculaire, mais il est également difficile de lui trouver une autre origine.

On pourrait théoriquement imaginer que l'énergie ne doit pas être rapportée à la masse du gaz, celui-ci agissant comme intermédiaire dans un phénomène de catalyse. Cette catalyse pourrait déterminer une modifica-

---

(2) René Lepointe, Diplôme d'Études supérieures (*Journal de Physique*, 7, 1936, p. 469).

tion allotropique du carbone ([3]), ou une modification chimique des impuretés du charbon (acides graphitiques, etc.).

Ces hypothèses ne paraissent pas très probables, particulièrement dans le cas de l'hélium, gaz inerte. Dans ce cas le charbon ne paraît subir aucune modification notable, et l'expérience (adsorption à la température de l'azote liquide suivie d'une extraction prolongée sous le vide des gaz du charbon à température élevée) peut être répétée un grand nombre de fois sans qu'on puisse observer un changement important dans l'activité adsorbante et l'énergie dégagée.

Il est donc vraisemblable qu'il s'agit bien d'une réaction qui concerne le gaz, soit une action sur le carbone, soit une réaction mutuelle entre les atomes ou les molécules du gaz, le charbon agissant comme catalyseur, et l'énergie doit être rapportée à la quantité de gaz réagissant.

Les seules réactions connues pouvant déterminer un tel dégagement d'énergie sont les réactions nucléaires, et cette hypothèse doit être envisagée.

Il faut remarquer que le phénomène est de beaucoup le plus intense avec l'hydrogène et l'hélium dont les noyaux sont les plus accessibles et les plus facilement libérés des électrons satellites. Les fortes liaisons d'adsorption dans les premières couches moléculaires et la diminution considérable de l'agitation thermique déterminent peut-être un rapprochement favorable des noyaux et une certaine probabilité de réaction nucléaire.

J'ai recherché à ce sujet si un rayonnement ionisant accompagnait la transformation. La présence d'un rayonnement ionisant à l'extérieur de l'appareil a été recherchée à l'aide d'un compteur dans le cas de l'hélium et aucun résultat positif certain n'a été observé. Dans le même cas on a pu constater une faible conductibilité du gaz après son arrivée sur le charbon refroidi, mais l'ionisation est peut-être due à des phénomènes secondaires.

Dans l'état actuel des recherches nous pouvons seulement dire qu'il se produit une réaction très particulière entre le gaz et le carbone. Je la désignerai provisoirement sous le nom de *frigadréaction*, pour indiquer le rôle probable du froid et de l'adsorption.

([3]) Cette suggestion a été faite par M. François Perrin au cours de ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ordre d'addition des hydracides aux époxydes et des acides hypohalogéneux aux dérivés éthyléniques, méthylène cyclohexane et méthylcyclohexène ainsi que leurs époxydes.* Note de MM. **Marc Tiffeneau, Paul Weill** et **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Auguste Béhal.

L'ordre suivant lequel, d'une part, les hydracides s'additionnent aux époxydes et, de l'autre, les acides hypohalogéneux se fixent sur les liaisons éthyléniques, n'a pas encore pu faire l'objet d'une codification définitive. A la suite des travaux de Markownikoff (¹) et de Michael (²), on a admis que lorsque ces deux réactions sont appliquées à un dérivé éthylénique et à l'époxyde correspondant, elles conduisent à une même halohydrine et que, dans tous les cas, l'halogène se fixe sur l'atome de carbone le *moins* hydrogéné, c'est-à-dire sur le *plus* substitué.

Les faits assez nombreux observés depuis permettent d'affirmer qu'il n'en est pas toujours ainsi. On sait en effet que par addition de IOH sur le styrolène (³) et sur le méthylstilbène (⁴), les iodhydrines obtenues diffèrent de celles provenant de la fixation de HI sur leurs époxydes; de même dans les réactions d'addition soit de ClOH à l'isobutylène ou au chlorure d'allyle (⁵), soit de ClH aux époxydes correspondants, oxyde d'isobutylène (⁶) et épichlorhydrine (⁷), il y a formation de deux chlorhydrines différentes. Ces divers faits infirment la première conclusion ci-dessus. Quant à la seconde, fixation de l'halogène sur le carbone le *plus* substitué, elle est sans doute confirmée dans les trois premiers exemples cités plus haut, mais elle ne l'est pas dans le quatrième, celui du chlorure d'allyle.

Les deux cas rapportés dans cette Note sont au contraire en accord avec la première conclusion formulée ci-dessus; mais ils ne le sont pas entièrement avec la seconde, car si, dans le premier de ces cas, l'halogène se fixe bien sur le carbone le *plus* substitué, c'est au contraire sur le *moins* substitué qu'il se fixe dans le second. Toutefois, dans ce dernier cas, il y a isomérie *cis trans*, et l'on constate que la fixation de ClOH sur le dérivé éthylénique fournit la chlorhydrine *trans*, alors que l'addition de ClH à l'époxyde con-

---

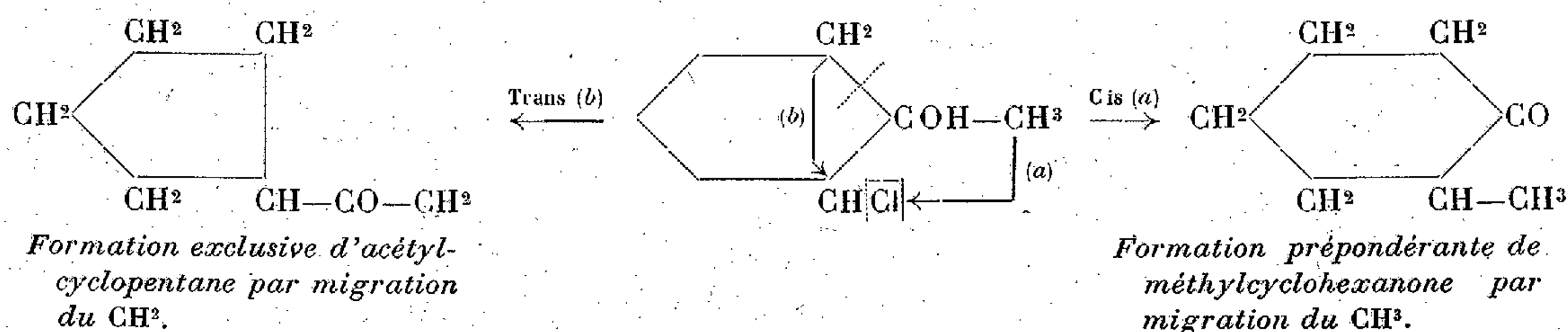
(¹) *Comptes rendus*, **81**, 1875, p. 668, 728, 776.
(²) *J. prakt. Chem.*, **64**, 1901, p. 109.
(³) Tiffeneau, *Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, **10**, 1907, p. 348.
(⁴) Tiffeneau et J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, **49**, 1931, p. 1810.
(⁵) Henry, *Bull. Ac. roy. Belg.*, **37**, 1874, p. 357, 521; **8**, 1906, p. 523.
(⁶) Henry, *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 493.
(⁷) Hill et Fischer, *J. Am. Chem. Soc.*, **44**, 1922, p. 2582.

duit surtout à la chlorhydrine *cis*. Il n'est pas douteux que dans ces réactions, ce qu'on doit faire intervenir avant tout, comme l'a écrit plus tard Michael ([8]), c'est l'électronégativité relative des deux carbones de la liaison éthylénique ou de la fonction époxyde; mais le problème est loin d'être résolu.

I. CHLORHYDRINES DÉRIVÉES DU MÉTHYLÈNE CYCLOHEXANE OU DE SON OXYDE. — 1° *Fixation de* ClOH *sur le méthylane cyclohexane.* — Lorsqu'on fait agir la chlorurée sur le méthylène cyclohexane, il y a fixation de ClOH et formation exclusive d'une chlorhydrine cristallisée (F. 75°; Eb_{16} : 90-93°) que la potasse aqueuse transforme en l'époxyde correspondant (Eb_{15} : 42°) et qui répond à la formule $C^6H^{10}Cl - CH^2OH$. En effet, celle-ci est transformée, par déshalogénation au moyen de $BrMgC^2H^5$, en hexahydrobenzaldéhyde $C^6H^{11} - CHO$. On conçoit qu'avec une chlorhydrine à fonction alcool tertiaire, la déshalogénation aurait conduit, par transposition semipinacolique, à la cycloheptanone, comme on le constate dans la désamination nitreuse de l'aminoalcool correspondant ([9]).

2° *Addition de* ClH *à l'oxyde de méthylène cyclohexane.* — En faisant passer ClH gazeux dans une solution éthérée froide de cet époxyde, on obtient une chlorhydrine cristallisée (F. 75°) entièrement identique à la précédente et donnant, comme celle-ci, par déshalogénation magnésienne, un unique produit, l'hexahydrobenzaldéhyde.

II. CHLORHYDRINES DÉRIVÉES DU MÉTHYL-1-CYCLOHEXÈNE OU DE SON OXYDE. — 1° *Fixation de* ClOH *sur le méthyl-*1*-cyclohexène-*1. — Cette réaction a déjà été étudiée par nous ([10]); elle conduit exclusivement à une chlorhydrine *trans* dans laquelle le chlore est placé sur le carbone le *moins* substitué; en effet, la déshalogénation magnésienne de cette chlorhydrine fournit uniquement l'acétylcyclopentane (schéma ci-après, flèche de gauche).



Formation exclusive d'acétylcyclopentane par migration du CH².

Formation prépondérante de méthylcyclohexanone par migration du CH³.

2° *Addition de* ClH *sur le méthyl-*1 *époxy-*1.2 *cyclohexane.* — On fait passer ClH gazeux dans une solution éthérée d'oxyde refroidi. Il se forme une chlorhydrine (Eb_{25} : 98-100°) dans laquelle Cl est fixé, comme ci-dessus, sur le carbone le *moins* substitué; mais il s'agit d'une chlorhydrine *cis*, car, comme nous l'avons déjà observé avec la même chlorhydrine provenant de $IMgCH^3$ sur la chloro-2 cyclohexanone-1 (10),

([8]) MICHAEL, *Ber. d. Chem. Ges.*, 39, 1906, p. 2138 à 2795.
([9]) TIFFENEAU, WEILL et TCHOUBAR, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 54.
([10]) TIFFENEAU et TCHOUBAR, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 361.

sa déshalogénation conduit à un mélange d'acétylcyclopentane et de méthyl-2 cyclohexanone-1, avec prépondérance nette de cette dernière (schéma ci-dessus flèche de droite). L'absence de méthylcyclopentylformaldéhyde montre que la chlorhydrine formée ne renferme pas l'isomère dans lequel le chlore est fixé sur le carbone le *plus* substitué.

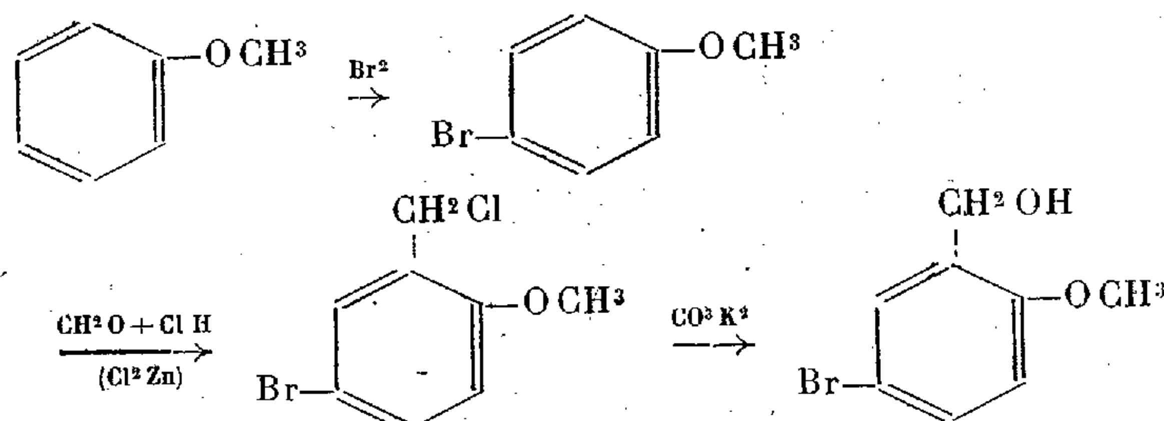
Conclusion. — L'addition de ClOH sur le méthylène cyclohexane et de ClH sur l'époxyde correspondant fournit une même chlorhydrine dans laquelle le chlore se place sur le carbone le *plus* substitué. Par contre, dans l'addition de ClOH sur le méthylcyclohexène et de ClH sur l'époxyde correspondant, le chlore se fixe sur le carbone le *moins* substitué; toutefois les deux chlorhydrines obtenues sont distinctes : la première étant l'isomère *trans*, la seconde le *cis*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles méthodes de préparation de l'alcool bromo-5 méthoxy-2 benzylique et de l'aldéhyde bromo-5 méthoxy-2 benzoïque.* Note ([1]) de MM. **Raymond Quelet** et **Marcel Paty**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a indiqué précédemment une méthode de synthèse des alcools méthoxybenzyliques consistant à utiliser comme produits intermédiaires les dérivés chlorométhylés des éthers-oxydes phénoliques ([2]).

Cette méthode s'applique d'une façon particulièrement avantageuse à la préparation de l'alcool bromo-5 méthoxy-2 benzylique qui, jusqu'alors, n'avait pu être obtenu qu'à l'état impur par méthylation de l'alcool phénol correspondant, lui-même très difficilement accessible ([3]).

L'édification de cet alcool se réalise sans aucune difficulté, à partir de l'anisol, par la série des transformations suivantes :



([1]) Séance du 5 juillet 1937.

([2]) R. Quelet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 684; R. Quelet et J. Allard, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 130.

([3]) Knorr et Horlein, *Ber. d. Chem. Ges.*, 42, 1909, p. 3499.

La chlorométhylation du para-bromoanisol s'effectue suivant le mode opératoire décrit par l'un de nous [4], en saturant par le gaz chlorhydrique un mélange de para-bromoanisol, de formol et de chlorure de zinc.

Le chlorure de bromo-5-méthoxy-2-benzyle, obtenu ainsi avec un rendement de l'ordre de 80 pour 100, est ensuite chauffé avec une solution aqueuse de carbonate de potassium. La saponification est totale après 14 heures d'ébullition. L'alcool, recueilli à l'état solide, après refroidissement, est lavé à l'eau froide, séché et purifié par cristallisation dans le mélange oxyde d'éthyle-éther de pétrole. Il se présente sous forme d'aiguilles prismatiques fondant à 72° (rendement : 85 pour 100). Un peu soluble dans l'eau bouillante (5g par litre), il est très soluble dans l'éther et à peu près insoluble dans l'éther de pétrole.

Traité par l'isocyanate de phényle, en solution benzénique, il donne une phényluréthane qui cristallise dans l'alcool en aiguilles fondant à 121°,5.

La transformation du chlorure en alcool peut se réaliser également d'une façon indirecte, en passant par l'intermédiaire de l'ester acétique qui se laisse saponifier très facilement, avec un rendement sensiblement quantitatif, sous l'action de la potasse en solution hydroalcoolique.

L'ester acétique $C^{10}H^{11}O^{3}Br$ s'obtient avec un rendement de 60 pour 100 en chauffant pendant 2 heures, à l'ébullition, le chlorure avec une solution acétique d'acétate de sodium; purifié par cristallisation dans l'alcool, il se présente sous forme d'aiguilles fondant à 64°, Eb_{15} : 170.

Les deux opérations, transformation du chlorure en ester acétique et saponification de ce dernier, peuvent être effectuées en 4 heures, car, lorsqu'on se propose de préparer l'alcool, il n'est pas nécessaire de purifier l'acétate; néanmoins il est plus avantageux, tant au point de vue des rendements que de la simplicité des manipulations, de saponifier directement le chlorure en le chauffant avec le carbonate de potassium.

Aldéhyde bromo-5 méthoxy-2 benzoïque $C^{8}H^{7}O^{2}Br$. — Ce composé, qui avait été obtenu par Perkin [5], par action du brome sur l'éther méthylique de l'aldéhyde salicylique, se prépare facilement à partir du chlorure de bromométhoxybenzyle fourni par la chlorométhylation du para-bromoanisol. Les deux méthodes classiques, méthode de Grimaux et Lauth et méthode de Sommelet, permettent d'effectuer dans de bonnes conditions la transformation envisagée.

Dans le premier cas, nous avons trouvé que les rendements étaient très

(4) R. Quelet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 541.
(5) Perkin, *Ann. chem.*, 145, 1868, p. 304.

notablement améliorés en ajoutant, comme l'a indiqué Anglade ([6]), au mélange chlorure et solution de nitrate de cuivre une quantité d'acide acétique suffisante pour tout dissoudre. Ainsi modifiée la méthode de Grimaux et Lauth est, dans ce cas, plus avantageuse que celle de Sommelet, qui consiste à chauffer le chlorure avec une solution hydroalcoolique d'hexaméthylène tétramine.

Le mode opératoire est le suivant : on chauffe à l'ébullition, pendant 6 heures, une solution renfermant 118^{g} (1/2 molécule) de chlorure, 80^{g} de nitrate de cuivre, 400^{cm^3} d'eau et 200^{cm^3} d'acide acétique. Après refroidissement, l'aldéhyde se sépare sous forme d'une masse cristalline que l'on essore et lave à l'eau bouillante pour éliminer l'acide bromo-5 méthoxy-2 benzoïque qui a pris naissance en faible proportion. Le rendement en produit brut est de 87 pour 100.

Après purification par cristallisation dans l'alcool, l'aldéhyde bromo-5 méthoxy-2 benzoïque fond à $114°,5$; il donne une semicarbazone F. 244-245°.

Ces recherches sont poursuivies, dans le but d'édifier toute une série de composés bromométhoxylés benzéniques à partir du dérivé chlorométhylé du para-bromoanisol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les* 2.6- *et* 2.8-*diméthyl-4-chloroquinoléines. Propriétés générales. Réactions avec les amines.* Note ([1]) de MM. **André Meyer** et **Henri Drutel**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons étudié récemment ([2]) les propriétés des 2.6- *et* 2.8-*diméthyl-4-hydroxyquinoléines*. Par traitement direct par le pentachlorure ou l'oxychlorure de phosphore ou par action du chlorure de thionyle sur leurs sels de sodium, on remplace l'hydroxyle, situé en 4, par le chlore; on obtient respectivement la 4-*chloro*-2.6-*diméthylquinoléine*, $C^{11}H^{10}NCl$, (I), P. F. 63°,5 et la 4-*chloro*-2.8-*diméthylquinoléine*, $C^{11}H^{10}NCl$, (II),

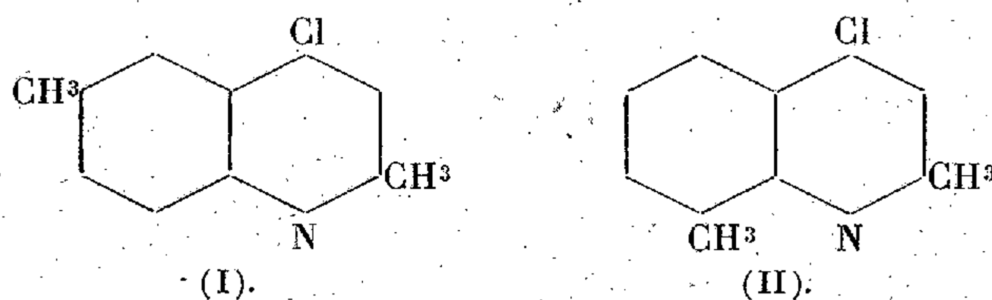
---

([6]) Anglade, Communication faite à la Société chimique de France, section de Bordeaux, séance du 13 mars 1937 (sous presse).

([1]) Séance du 5 mai 1937.

([2]) André Meyer et Henri Drutel, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1824.

P. F. 72°.

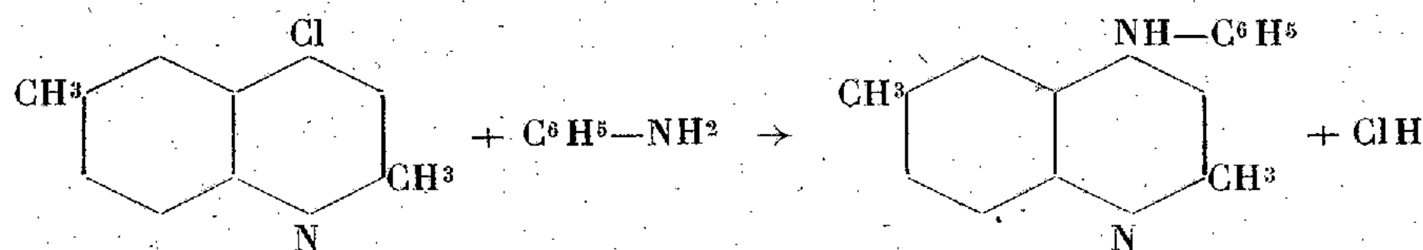


Ces méthyl-4-chloroquinaldines constituent de belles aiguilles blanches d'odeur aromatique, provoquant une forte irritation des muqueuses, insolubles dans l'eau chaude et les alcalis, facilement solubles dans les acides, l'alcool, la benzine, et surtout l'éther. L'halogène n'est pas éliminé par action des alcalis.

Il nous a paru intéressant d'examiner l'action des amines sur ces dérivés chlorés. Suivant Conrad et Limpach (3), le chlore de la 4-chloroquinaldine est éliminé par chauffage à 180° avec l'aniline. Slater (4) et Backeberg (4) ont étudié l'action de quelques monamines aromatiques sur la 4-chloroquinaldine et ses dérivés 6 et 8 méthoxylés, afin d'examiner les propriétés chimiothérapiques des composés ainsi obtenus.

Nous avons fait réagir quelques monamines et diamines grasses et aromatiques sur les *4-chloro-2.6-* et *2.8-diméthylquinoléines*, en milieu acétique bouillant.

I. *Action des monamines primaires aromatiques.* — Les chlorométhylquinaldines se condensent molécule à molécule avec ces amines (aniline, *p*-toluidine, etc.) avec élimination d'acide chlorhydrique, par exemple



L'*aniline* donne un rendement de 70-80 pour 100. Avec la *p-toluidine* et l'*α-naphtylamine*, les rendements sont bien moindres. L'*o-toluidine* et la *β-naphtylamine* ne réagissent pas :

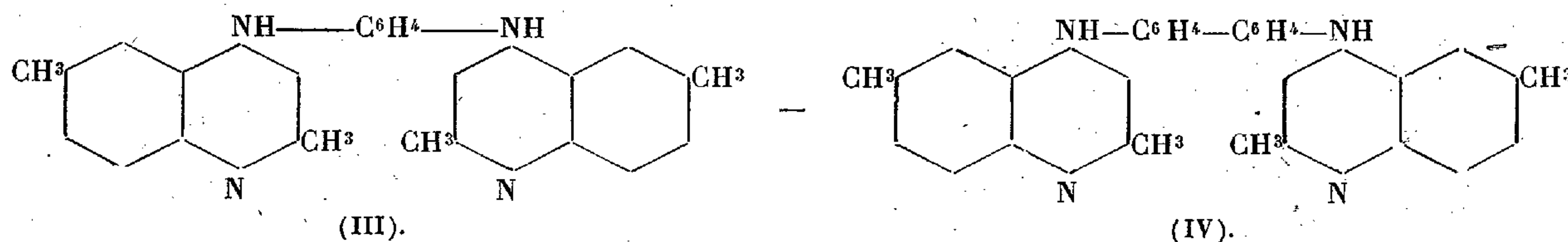
4-(*phénylamino*)-2.6-*diméthylquinoléine*, $C^{17}H^{16}N^2$, P. F. 172°;
4-(*phénylamino*)-2.8-*diméthylquinoléine*, $C^{17}H^{16}N^2$, P. F. 121°;

(3) *Ber. d. Chem. Ges.*, 20, 1887, p. 953).
(4) *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 107.

4-(p.toluidino)-2.8-diméthylquinoléine, $C^{18}H^{18}N^2$, P. F. 127°-128°;

4-(α-naphtylamino)-2.8-diméthylquinoléine, $C^{21}H^{18}N^2$, P. F. 155°-156°; composés blancs, peu solubles dans l'eau, l'éther, le benzène, les alcalis; solubles dans l'alcool, l'acétone, les acides dilués; donnent des sels cristallisés et des sels d'ammonium quaternaires.

II. *Action des diamines primaires aromatiques symétriques.* — Elles se condensent avec 2^{mol} de chlorométhylquinaldines, avec élimination de 2^{mol} d'acide chlorhydrique. Avec la *p*-phénylène-diamine, on obtient le corps (III), et avec la benzidine, le composé (IV), par exemple

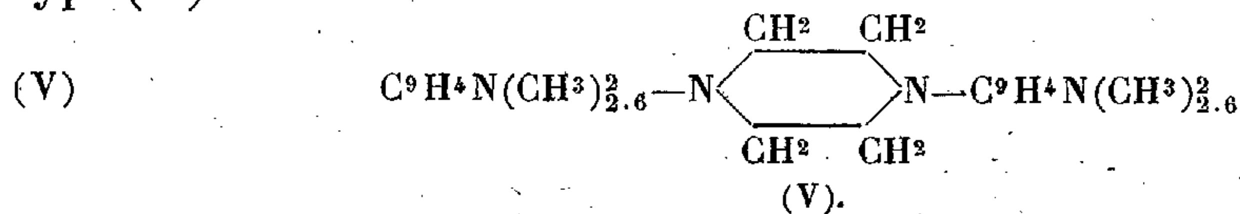


(III). (IV).

Ces dérivés précipitent abondamment à l'état de *diacétates : diacétate de 4.4'-(p.p'-phénylène-diamino) bis-2.6-diméthylquinoléine*, $C^{28}H^{26}N^4$, $2C^2H^4O^2$. P. F. 325°-327° (déc.); *diacétate de 4.4'-(p.p'-phénylène-diamino) bis-2.8-diméthylquinoléine*, $C^{28}H^{26}N^4$, $2C^2H^4O^2$; P. F. 309°-310° (déc.) : corps *jaunes*, très peu solubles dans l'alcool, l'acide acétique, l'éther, l'acétone, les solutions acides.

Diacétates de 4.4'-(p.p'-diphényle-diamino) bis-2.6-diméthylquinoléine, $C^{34}H^{30}N^4$, $2C^2H^4O^2$, P. F. 320°-322°, (déc.) et *Diacétate de 4-4'-(p.p'-diphényle-diamino) bis-2-8-diméthylquinoléine*, $C^{34}H^{30}N^4$, $2C^2H^4O^2$, P. F. 305°-307°, (déc.) : jaune citron. Par action de la soude diluée, tous ces diacétates conduisent à des bases telles que la *4-4'-(p.p'-phénylène-diamino) bis-2-8-diméthylquinoléine*, $C^{28}H^{26}N^4$, P. F. 233°-234°, petits cristaux blanc jaunâtre, solubles dans l'alcool.

III. — *Action des diamines secondaires du type de la pipérazine.* — La réaction de la pipérazine sur les 6 et 8-méthyl-4-chloroquinaldines ne fournit pas de diacétates isolables, mais, après neutralisation, des bases du type (V)

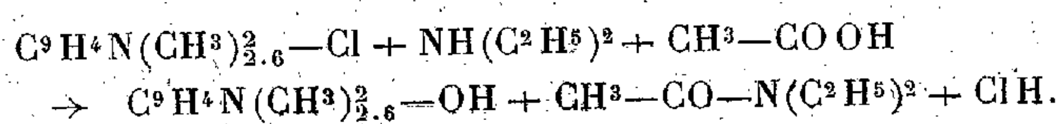
(V) 

(V).

4-4'-(diéthylène-diamino) bis-2-6-diméthylquinoléine, $C^{26}H^{28}N^4$, P.F. 322°-324°; *4-4'-(diéthylène-diamino) bis-2-8-diméthylquinoléine*, $C^{26}H^{28}N^4$.

P. F. 319°-320°, petits cristaux blancs, insolubles dans l'eau, solubles dans l'eau acidulée et dans l'alcool.

IV. Les *4-chloro-méthylquinaldines*, en milieu acétique, sont hydrolysées avec perte d'halogène par certaines amines grasses (méthylamine, éthylamine, diéthylamine) ou aromatiques (diphénylamine) : on obtient les acétates des 4-hydroxy-méthylquinaldines correspondantes. Avec la *diéthylamine*, par exemple, on aurait

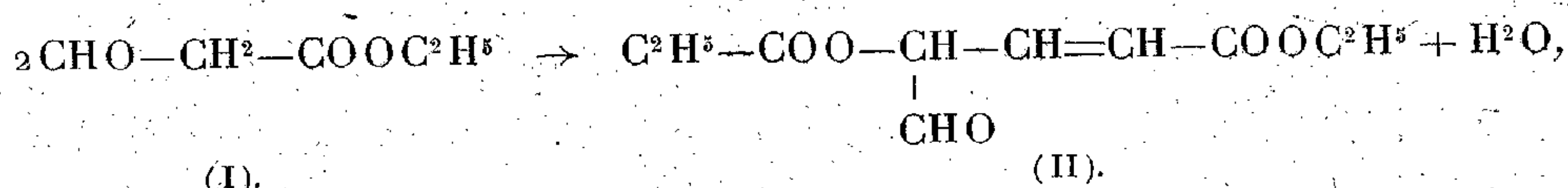


$$C^9H^4N(CH^3)^2_{2.6}-Cl + NH(C^2H^5)^2 + CH^3-COOH \rightarrow C^9H^4N(CH^3)^2_{2.6}-OH + CH^3-CO-N(C^2H^5)^2 + ClH.$$

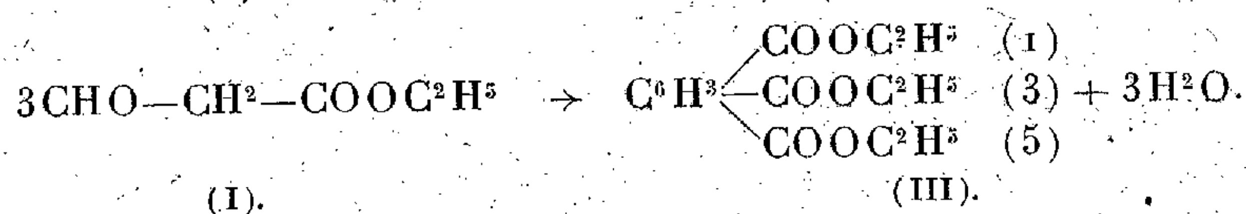
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éther éthylol-formylglutaconique.* Note [1] de MM. **Henry Gault** et **Matus Cogan**, présentée par Marcel Delépine.

Au cours de recherches sur l'éther formylacétique, nous avons été amenés à étudier la condensation de cet éther avec l'acétaldéhyde.

L'éther formylacétique (I) n'est pas connu à l'état libre : dès qu'on cherche à l'isoler, par exemple par action des acides sur son dérivé sodé, obtenu par condensation du formiate d'éthyle avec l'acétate d'éthyle en présence d'éthylate de sodium, il se condense sur lui-même en donnant naissance, suivant les conditions de l'expérience, soit à l'éther formylglutaconique (II), soit à l'éther trimésique (III) [2] :



$$\underset{(I).}{2CHO-CH^2-COOC^2H^5} \rightarrow \underset{(II).}{C^2H^5-COO-\underset{\substack{|\\CHO}}{CH}-CH{=}CH-COOC^2H^5} + H^2O,$$



$$\underset{(I).}{3CHO-CH^2-COOC^2H^5} \rightarrow \underset{(III).}{C^6H^3\begin{cases}COOC^2H^5 & (1)\\ COOC^2H^5 & (3)\\ COOC^2H^5 & (5)\end{cases}} + 3H^2O.$$

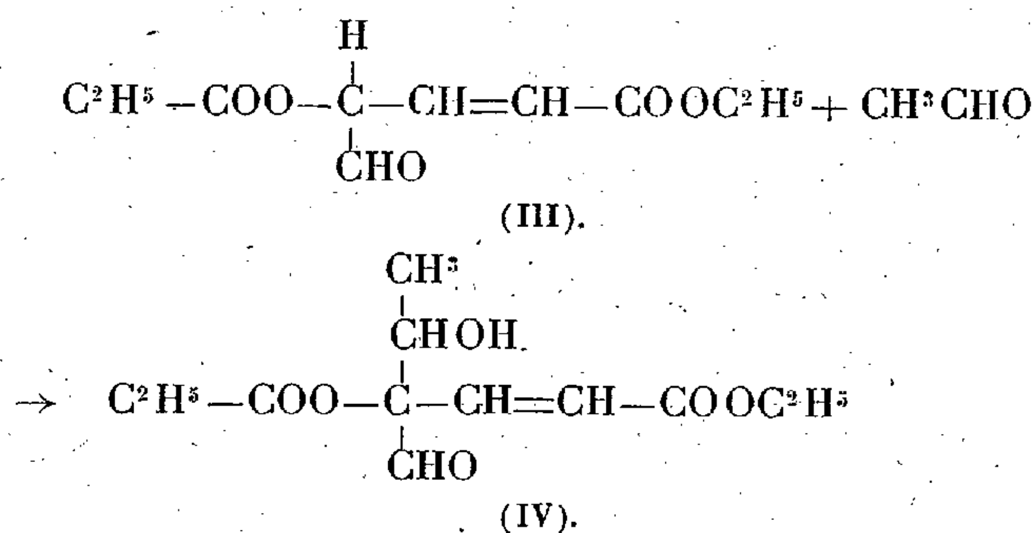
Dans les conditions expérimentales que nous avons suivies, la vitesse de condensation de l'éther formylacétique libre sur lui-même est plus grande que la vitesse de sa condensation avec l'acétaldéhyde : il se forme, par suite, non pas l'éther éthylol-formylacétique, mais bien le produit de con-

---

[1] Séance du 5 juillet 1937.

[2] W. Wislicenus, *Lieb. Ann.*, 316, 1901, p. 18.

densation de l'éther formylglutaconique avec l'acétaldéhyde, c'est-à-dire l'éther éthylol-formylglutaconique (IV)



On ajoute à une solution d'un excès d'acétaldéhyde à 30 pour 100 et d'acide chlorhydrique concentré (1^{mol}), refroidie à $-15°$, le formylacétate d'éthyle sodé (1^{mol}). La réaction est immédiate et l'on détermine la fixation de l'acétaldéhyde par addition d'une solution concentrée de carbonate de potassium (excès : 2^g). On agite le mélange en suivant la réaction au perchlorure de fer. Lorsque cette réaction est devenue négative, on extrait à l'éther, décante, lave la couche éthérée à l'eau, sèche sur sulfate de magnésium et évapore l'éther.

L'éther éthylol-formylglutaconique brut, ainsi obtenu, est une huile jaunâtre et visqueuse. Il est indistillable même sous la pression réduite de $0^{mm},2$. Il est soluble dans les solvants organiques habituels et insoluble dans l'eau. Il ne donne pas de coloration avec le perchlorure de fer et donne, avec l'eau de brome, la réaction positive de la double liaison.

Nous n'avons effectué sur cet éther brut, manifestement impur, aucune détermination analytique. Sa constitution est cependant démontrée par la formation et l'analyse de son dérivé acétylé.

Acétate de l'éther éthylolformylglutaconique. — On acétyle l'éther éthylolformylglutaconique brut, suivant la technique connue, par le chlorure d'acétyle en présence de pyridine.

L'acétate brut est purifié par distillation fractionnée. C'est une huile visqueuse, incolore, soluble dans les solvants organiques, insoluble dans l'eau et bouillant à 160-163° sous $0^{mm},7$. Il ne donne pas de coloration avec le perchlorure de fer et donne avec l'eau de brome la réaction positive de la double liaison.

Dosage de carbone et d'hydrogène. — C pour 100 : 56,06 et 55,74; H pour 100 : 6,98 et 7,11.

Poids moléculaire (Cryoscopie dans l'acide acétique). — M : 292 et 300.
Calculé pour $C^{14}H^{20}O^{7}$ (M-300). — C pour 100 : 56,00; H pour 100 : 6,67.

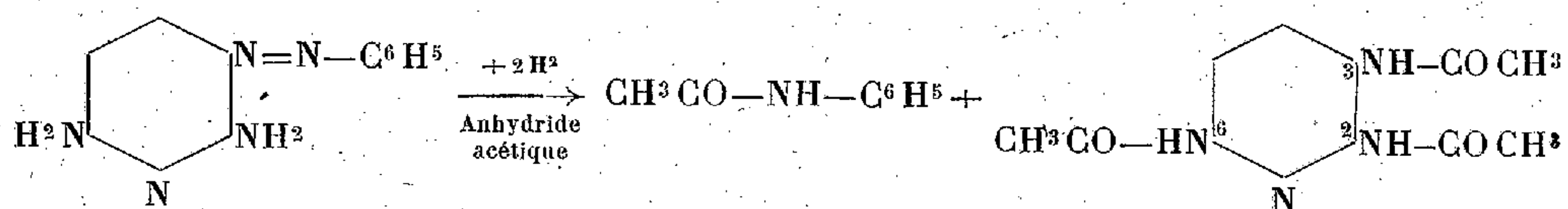
Nous concluons de ces résultats analytiques que la condensation de l'éther formylacétique avec l'acétaldéhyde en présence de carbonate de potassium conduit à l'éther éthylol-formylglutaconique.

Nous continuerons l'étude de cette réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle triaminopyridine* (2, 3, 6). Note de MM. **Alexis Tchitchibabine** et **Charles Hoffmann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans la série des triaminopyridines, on ne connaît à l'heure actuelle que l'isomère 2, 4, 6 qui a été obtenu par H. Meyer et E. V. Beck ([1]).

Par réduction catalytique, au moyen du nickel de la α, α-diamino-β-phénylazopyridine, préparée par l'un de nous ([2]), nous avons pu isoler, en milieu d'anhydride acétique, la triacétyltriamino-(2, 3, 6)-pyridine d'après le schéma



Ce nouveau composé se présente sous forme de cristaux blancs fondant à 253°.

Dosage d'azote [micro-Dumas (par Ginoux-Defermon)]. — N pour 100 trouvé 22,47; calculé 22,40.

Insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther à froid, il recristallise facilement dans l'eau bouillante.

L'hydrolyse avec l'acide chlorhydrique de concentration 20 pour 100 à 100°-105° en tube scellé et absence d'air conduit à un dichlorhydrate en fines aiguilles blanches. P. F. instantané au bloc Maquenne, 230° (déc.).

Dosage de chlore. — Substance, $0^{g},410$; ClAg, $0^{g},595$; pour 100, Cl^{2} trouvé 35,9; pour 100, Cl^{2} calculé 36,04.

Le dichlorhydrate de la 2, 3, 6 triaminopyridine est très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'acide chlorhydrique concentré.

([1]) H. Meyer et E. V. Beck, *Monatshefte f. Chem.*, 36, 1915, p. 731.
([2]) Tchitchibabine et O. Seide, *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, 46, 1914, p. 1216.

Ses solutions bleuissent à l'air. Avec le chlorure ferrique et l'eau oxygénée, il donne également des solutions bleues intenses.

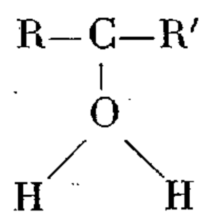
Il ne nous a pas été possible d'isoler la triaminopyridine libre de son dichlorhydrate en raison de sa grande oxydabilité. Le produit d'oxydation (bleu) obtenu n'a pas encore été examiné, vu sa complexité : primitivement soluble dans l'eau, il devient insoluble après quelques jours. La réduction catalytique de la $\alpha_1\alpha$-diamino-β-phénylazopyridine en milieu neutre (acétate d'éthyle, alcool) conduit à une solution incolore, mais qui bleuit instantanément pendant la séparation du catalyseur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydrogénation catalytique d'un alcool tertiaire en cétone.* Note de MM. **Louis Martineau** et **Charles Prévost**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'un de nous ([1]) a montré que la température à laquelle commence la déshydrogénation catalytique des alcools en présence de cuivre se trouve nettement abaissée si le catalyseur est déposé sur thorine (ou alumine).

Une explication très simple de cette promotion de la catalyse est donnée par la théorie de la *prototropie généralisée* ([2]).

La thorine ferait évoluer l'alcool R—CHOH—R' vers la forme



En l'absence de cuivre, cette molécule se déshydraterait à température relativement élevée, d'où le carbure incomplet R—C—R qui se réarrangerait en carbure éthylénique; en présence de cuivre, elle perdrait au contraire une molécule H^2, le résidu évoluant vers la formation de la cétone R—CO—R'.

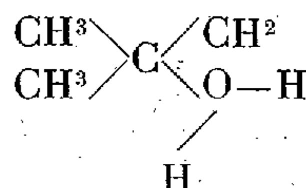
Mais un alcool tertiaire, le *triméthylcarbinol* par exemple, se déshydrate en présence d'alumine ou de thorine, et n'avait pu jusqu'ici être déshydrogéné. Si nous admettons pour la déshydratation un processus voisin,

---

([1]) Martineau, *Thèse de Doctorat ès Sciences,* Lille, 1936.

([2]) Prévost, *Bull. Soc. Chim.,* 5e série, 3, 1936, p. 1666.

il nous faut envisager un intermédiaire tel que



chez lequel l'atome H autosolvaté est emprunté à un atome de carbone voisin du carbone hydroxylé.

Chez un tel intermédiaire, la déshydrogénation laisse un résidu non saturé



dont de nombreux auteurs admettent l'existence temporaire dans plusieurs réactions transpositrices conduisant à la *méthyléthylcétone*. On pouvait donc attendre cette cétone de la déshydrogénation éventuelle du triméthylcarbinol.

Dès les premiers essais, nous avons pu caractériser, non des quantités massives, mais des traces de méthyléthylcétone, et nous n'avons pas réussi à améliorer le rendement; il nous fallut donc préparer un alcool tertiaire bien exempt de toute trace de produit cétonique, pour que ce faible résultat devînt tout de même probant.

Le triméthylcarbinol commercial est traité d'abord par la phénylhydrazine, distillé, puis soumis à l'action de la semicarbazide; il ne s'ensuit aucune trace de semicarbazone. Le produit récupéré est encore recristallisé plusieurs fois.

Le catalyseur thorine-cuivre est préparé par réduction complète entre 190° et 215° d'une pâte formée de thorine pure et d'hydroxyle cuivrique pur, au moyen d'hydrogène pur. Après refroidissement, on substitue au courant d'hydrogène un courant d'anhydride carbonique, et l'on dirige les gaz sortant du four à catalyse sur la cuve à potasse. La température est élevée vers 130°, et maintenue jusqu'à ce que le gaz sortant soit complètement absorbé par la potasse, indice du départ complet de l'hydrogène adsorbé. On admet alors l'alcool tertiaire.

Le courant gazeux n'est plus totalement absorbé, et le résidu est constitué par un mélange d'hydrogène et d'isobutylène. La teneur en hydrogène varie de 30 à 85 pour 100, suivant les expériences, lorsque le débit total de gaz non absorbé est de l'ordre de 30^{cm^3} à l'heure. Si la température de catalyse s'élève un peu trop ($>135°$), le débit augmente rapidement, mais la

teneur en hydrogène diminue non moins rapidement; il est nécessaire de se tenir tout à fait au seuil de la catalyse pour obtenir un rendement acceptable en hydrogène.

Le liquide recueilli à la sortie du four à catalyse est du triméthylcarbinol à peine altéré. Tous les procédés physiques échouent pour y mettre en évidence la méthyl-éthyl-cétone. Nous avons dû faire appel à la semicarbazide. Ce réactif a fourni quelques décigrammes d'un produit fondant à 134-135° après purification sommaire, et qui mélangé à un poids égal de semicarbazone pure préparée d'autre part (F. : 136°) fond à 135-136°.

Il est donc démontré que le catalyseur thorine-cuivre peut, si l'on se tient au seuil de son action, fournir des traces de cétone à partir d'un alcool tertiaire, résultat important du point de vue théorique, mais qui ne semble pas, actuellement du moins, susceptible d'application pratique.

TECHNIQUE CHIMIQUE. — *Étude des filtres antiaérosols en pâte d'alfa. Le percement des filtres* antiaérosols *par l'épreuve du* vieillissement *à la vapeur d'eau. Leur régénération ultérieure.* Note [1] de MM. **Lucien Dautrebande**, **Edmond Dumoulin** et **Pierre Angenot**, présentée par M. Charles Achard.

L'épreuve du *vieillissement* à la vapeur d'eau à laquelle sont soumises les boîtes filtrantes dans leurs essais de réception, consiste, sommairement, à faire passer à travers la boîte placée dans une enceinte maintenue vers 20°, de l'air fortement humidifié, au débit de 5 à 600 litres/heure pendant une période de plusieurs heures. Après cet essai, les boîtes doivent encore satisfaire à toute une série d'épreuves bien définies.

Nous avons soumis des boîtes filtrantes à l'essai du *vieillissement* dans le but spécial d'étudier, après cette épreuve, la capacité d'arrêt de leur filtre antiaérosol en papier d'alfa. Cette dernière qualité se vérifie par aspiration, à travers le filtre pendant trois minutes à un débit de 600 litres-heure, d'une atmosphère chargée de particules de bleu de méthylène à la dose de $0^{g},10$ par mètre cube, mises en suspension par déflagration de pastilles au perchlorate d'ammonium fortement comprimées. La détection s'effectue à l'aide d'une goutte d'alcool éthylique à 95° sur une rondelle de papier-filtre serré placée en aval du filtre essayé; la moindre trace de bleu ainsi mise en évidence fait rejeter le fil comme impropre.

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

Le fil antiaérosol des boîtes choisies avait été comalté à fort débit par le bleu de méthylène et s'était montré efficace vis-à-vis de cinq fois la concentration du cahier des charges français, soit vis-à-vis de 0,50 gr/m³ de bleu, au débit de 5000 litres/heure. Après passage de l'air humide à travers la boîte pendant plusieurs heures, tous les essais d'efficacité du filtre vis-à-vis des aérosols ont donné un résultat positif : le filtre est *percé*.

Même au faible débit de 600 litres/heure, le bleu de méthylène dispersé à la dose de 0,20 g/m³ traverse le filtre antiaérosol.

Dans une autre suite d'épreuves, nous avons recherché le temps de passage de l'atmosphère humide au débit de 1500 litres/heure, nécessaire pour que le filtre antiaérosol soit *percé* au bleu de méthylène à la dose de 0,20 g/m³. En moins de vingt minutes le filtre est devenu perméable.

De l'ensemble de nos expériences, il résulte que :

1° les filtres antiaérosols en papier alfa ne résistent pas aux essais de *vieillissement* par la vapeur d'eau en ce qui concerne l'arrêt des aérosols, malgré un colmatage antérieur qui avait permis l'arrêt de 0,50 g/m³ de bleu de méthylène au débit de 5000 litres/heure.

2° le percement des filtres aux fortes teneurs de l'air en humidité est très rapide.

En conclusion, l'épreuve du *vieillissement* par passage d'air saturé d'humidité rend inefficaces contre les aérosols les filtres en papier d'alfa les mieux colmatés.

L'on voit de suite la gravité des conséquences d'un tel fait : l'usage des masques dans les tranchées ou des caves très humides, ou par brouillard ou temps pluvieux, détruirait rapidement l'imperméabilité des filtres antiaérosols et exposerait par conséquent le porteur à l'action des arsines présentes.

Peut-on rendre de nouveau efficace contre les aérosols un filtre en papier d'alfa rendu perméable à la suite d'une épreuve de *vieillissement?* C'est la première question qui se pose.

Une première suite d'expériences a été faite avec quatre boîtes filtrantes semblables dont les filtres ont été *percés* par l'épreuve du vieillissement. Au préalable, nous avons contrôlé et comparé la perméabilité du filtre de chaque boîte au bleu de méthylène à la dose de $0^{g},20$ par mètre cube au débit de 1500 litres/heure d'air et à 70 pour 100 d'humidité.

Une goutte d'alcool sur le papier détecteur en aval de la boîte à produit pour toutes les boîtes une auréole bleue plus ou moins intense. Les essais de colmatage des filtres sont alors pratiqués pendant trois minutes aux

forts débits (plus de 5000 litres/heure) et par le bleu de méthylène à la dose de 0,50 g/m³, tandis que pour les essais d'étanchéité après chaque colmatage le débit est de 1500 litres/heure au titre de 0g,20 de bleu de méthylène par mètre cube. Le degré hygrométrique est maintenu aux environs de 70 pour 100 de la saturation à 20°.

Après sept colmatages pour l'un d'eux, trois pour les trois autres, les filtres fournissent un résultat négatif à l'essai au bleu.

Dès à présent, l'on peut dire qu'un filtre rendu perméable aux aérosols par l'épreuve du vieillissement peut être parfaitement régénéré par des colmatages à fortes doses de bleu de méthylène et aux débits élevés. De très nombreuses expériences de recolmatage effectuées avec des filtres de boîtes neuves ou usagées, percées par l'épreuve du vieillissement, sont ultérieurement venues confirmer ce point.

En général, trois ou quatre colmatages suffisent à rendre le filtre de nouveau efficace.

Certains filtres recolmatés ont même été essayés à fort débit (± 5000 litres/heure) et au titre de 0g,50 de bleu de méthylène par mètre cube, et ont donné un résultat négatif à la détection. Celle-ci se faisait au moyen de quelques gouttes d'alcool éthylique sur le détecteur constitué ici, pour diminuer la résistance, de deux ouates comprimées, imbibées d'alcool, entourées de gaze et fixées en forme de *gland* sur le tube d'aspiration en aval de la boîte.

Faisons enfin remarquer que les colmatages n'augmentent guère la perte de charge propre au filtre (quelques millimètres d'eau à 5000 litres/heure).

Conclusion. — Les filtres antiaérosols en papier d'alfa *percés* par un ou plusieurs essais de vieillissement par la vapeur d'eau peuvent recouvrer leurs qualités d'arrêt des aérosols après nouveaux colmatages individuels à fortes concentrations et aux grands débits.

LITHOLOGIE. — *Sur la série magnésienne et les roches supracrustales de l'ouest de la Côte d'Ivoire.* Note [1] de M. **Pierre Legoux.**

M. A. Lacroix a décrit [2] dans la Côte d'Ivoire (voisinage de la frontière de Guinée et du Libéria) des granites à hypersthène et des norites formant une série pétrographique apparentée aux charnockites de l'Inde.

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 18-22, et *N. Arch. Mus.*, 5e série, 3, 1911, p. 115-123.

Ayant eu l'occasion de reprendre en détail l'examen du matériel recueilli dans le cercle de Man par M. Bolgarsky, j'ai complété les observations sur le terrain de ce géologue par les miennes propres, et établi ses relations avec le granite à biotite du socle ancien et avec les roches métamorphiques (quartzites, amphibolites, pyroxénites et roches injectées) qu'il contient en lambeaux.

Du point de vue pétrographique, la série est caractérisée par l'hypersthène, le plus souvent associé à la pigeonite, et par l'existence constante (sauf dans les termes les plus basiques) dans les feldspaths de ce que M. A. Lacroix a appelé des microperthites fusiformes. Elles sont caractérisées par des aiguilles parallèles d'orthose dans les plagioclases et d'un plagioclase assez acide (oligoclase à andésine acide) dans les feldspaths alcalins. Ceux-ci sont en général l'orthose (alors que le granite commun de la région est à microcline). On trouve cependant aussi du microcline à inclusions semblables. Le minéral inclus est cristallographiquement orienté sur celui qui le contient. Ces feldspaths à inclusions fusiformes se rencontrent aussi dans des roches sans hypersthène, mais celles-ci restent étroitement liées au massif magnésien et on peut les considérer comme des termes de passage entre le granite vulgaire et la série à hypersthène.

Dans son ensemble, la série magnésienne est à tendance leucocrate. Elle contient même des roches hololeucocrates (aplogranites et plagioclasites). Elle s'étend jusqu'aux roches mésocrates et mélanocrates, mais celles-ci sont exceptionnelles (norites proprement dites et pyroxénolites à hypersthène). Les types les plus fréquents sont leucocrates à plagioclase et à hypersthène (norites quartzifères) renfermant parfois un peu d'orthose (sous forme d'antiperthite); je réserve le nom de granite à hypersthène pour les roches à orthose individualisée. Les granites à hypersthène ont tendance à devenir porphyroïdes. Associés aux roches magnésiennes et formant souvent le passage entre celles-ci et le granite banal, se trouvent les granites à perthite; ils sont quelquefois porphyroïdes. Le passage se fait d'autres fois par des roches à plagioclases (avec ou sans inclusions d'orthose) et à minéraux ferromagnésiens variés (biotite, amphibole ou pyroxène).

Au microscope, les structures sont variables. Elles laissent apparaître des traces d'écrasement et de recristallisation. Souvent aussi elles sont grenues avec tendance granoblastique. Sur le terrain, apparaît une certaine orientation pouvant faire place à un rubanement; cet aspect est dû à une injection d'aplite souvent grenatifère. Ailleurs l'injection est moins nette,

mais des figures contournées et nébuleuses en conservent la trace. Ces observations conduisent à penser que l'ensemble des formations granitiques s'est mis en place par migmatisation et anatexie.

Ce point de vue est confirmé par l'existence de lambeaux souvent importants de quartzites et de pyroxénites ou amphibolites dont l'orientation concorde avec la direction du granite ou de la norite. Ce sont de véritables *septa* que l'on suit sur de grandes distances et qui représentent ce qui reste des terrains au travers desquels le granite s'est mis en place. Ce sont donc des formations *supracrustales* typiques, au sens des géologues scandinaves ([2]). Ces lambeaux allongés recoupent les différents faciès du fond granitique. La roche est généralement à gros grain.

Les quartzites sont toujours riches en magnétite et contiennent de l'hypersthène et du grenat. Localement des concentrations se forment dans les quartzites en l'un ou l'autre de ces minéraux, et l'on se trouve en présence de véritables hypersthénites ou grenatites, mais ces roches n'ont aucune existence propre en dehors du quartzite. Les amphibolites et pyroxénites sont généralement riches en feldspaths basiques et contiennent hypersthène et grenat. Le passage se fait de façon continue des unes aux autres.

En définitive, le massif de roches éruptives magnésiennes de Man n'est pas intrusif dans le socle granito-gneissique, mais en représente un faciès de variation. Il semble s'être mis en place par montée à travers des roches anciennes dont subsistent encore des lambeaux très métamorphisés. Peut-être doit-il ses caractères spéciaux à la nature des terrains digérés? Quoi qu'il en soit, les phénomènes mis à jour par l'érosion dénotent une grande profondeur, puisque les roches granitiques (norites y compris) semblent s'être formées par anatexie.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du pays cristallin du Rouergue et de l'Albigeois.* Note ([1]) de M. **Julien Durand**, présentée par M. Charles Jacob.

La zone phyllonitique du Giffou et le sillon houiller ([2]) déterminent trois subdivisions :

([2]) Nous avions déjà suggéré cette explication pour les quartzites (*Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2090). Une étude détaillée la confirme. Nous ne pouvons donc partager le point de vue de Bolgarsky (*Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 559).

([1]) Séance du 28 juin 1937.

([2]) Julien Durand, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1950.

1° A l'Est du sillon houiller et au Sud de la zone du Giffou, le synclinal de l'Albigeois; 2° A l'Est du sillon houiller et au Nord de la zone du Giffou, le massif de Rodez et du Levezou; 3° A l'Ouest du sillon houiller, une zone complexe et irrégulière que nous appellerons zone de l'Ouest.

I. Le synclinal de l'Albigeois offre, dans la région Sud-Est, des terrains fossilifères très peu métamorphiques dont M. Thoral a précisé l'âge et la structure (³). Dans l'ensemble de la zone, le métamorphisme est faible et très irrégulier, sans progression nette dans un sens déterminé; jusque dans le Nord on trouve des schistes semblables aux schistes cambriens fossilifères (Saint-Jean-Delnous), des lambeaux de calcaires (1^{km} Est de Saint-Michel-Labadie) et de calcschistes (Vallée du Tarn au Sud d'Assac). Il est normal d'admettre que le synclinal de l'Albigeois montre les différents étages reconnus dans le Sud-Est; mais ces terrains ont été disloqués à l'extrême, après le métamorphisme, et la structure nous a paru indéchiffrable.

II. Le Massif de Rodez et du Levezou, hautement métamorphique, montre :

a. Au Sud de Rodez, un anticlinal de direction Nord-Est, avec un axe gneissique surmonté en parfaite concordance par une formation de micaschistes.

La surface de séparation, au Sud, est légèrement ondulée, plongeant à 30 pour 100 environ vers le Sud; au Nord elle est plissée en plis serrés, d'axes Nord-Est, couchés vers le Nord-Ouest, le plissement paraissant antérieur au métamorphisme. Cet ensemble très régulier est limité au Sud par le massif de gneiss de Salmiech; la surface de séparation est redressée et les micaschistes du Nord présentent en bordure des phénomènes de métamorphisme de contact (développement des cornéennes et de schistes tachetés).

Les gneiss généralement réguliers présentent dans l'Est des portions porphyroïdes; le degré de métamorphisme des gneiss et micaschistes décroît de l'Est à l'Ouest.

b. A l'Est, le massif du Levezou est constitué essentiellement par des gneiss d'injection avec nombreux pointements granitiques; une bande d'amphibolites (diorites et gabbros), de 1 à 3^{km} de large, en fait le tour (sauf à l'Est où elle peut cependant exister sous les terrains sédimentaires).

Dans l'ensemble, les schistosités se disposent en voûte, les directions variant pour suivre les limites du massif; les pendages très élevés sur le bord sont réduits dans l'intérieur. Le métamorphisme est moins avancé sur le pourtour, notamment dans le Sud-Est.

(³) *Contribution à l'étude géologique des Monts de Lacaune et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire*, Paris, 1935.

c. Au sud des deux précédentes subdivisions et mordant sur le Levezou jusqu'à Saint-Beauzély, s'allonge une zone, de direction Ouest à Nord-Ouest, de schistes sériciteux, quartzites et micaschistes avec intercalations de granites en dykes lenticulaires concordants; ces granites impliqués dans les mouvements tectoniques à des degrés divers, présentent toutes les transitions depuis le granite porphyroïde jusqu'au gneiss à grain fin.

C'est aux dépens des terrains les plus méridionaux de cette zone que s'est développée la zone du Giffou. Le massif de Salmiech serait l'intercalation la plus importante et la plus au Nord.

III. La zone Ouest, dans sa portion Nord (feuille de Rodez), est occupée en grande partie par le massif de granite non déformé de Villefranche, où un grand pendentif de micaschistes gneissifiés et injectés de filons d'aplites et lamprophyres détermine deux affleurements séparés.

Plus au Sud, entre le Cérou et le Viaur, à l'Ouest du méridien de Carmaux, les micaschistes, de direction Ouest-Nord-Ouest, très redressés, alternent avec des gneiss et des amphibolites; autour de Laguépie la série est intensément broyée.

Après l'interruption due aux sédiments tertiaires de l'Albigeois, on retrouve à l'ouest de Réalmont un affleurement cristallin montrant des alternances de micaschistes, gneiss et amphibolites semblables à ceux de la région nord du Cérou.

Il y a une opposition tranchée entre l'anticlinal sud de Rodez avec sa série régulière de gneiss et micaschistes et le synclinal de l'Albigeois. Ce fait peut s'expliquer par l'attribution du métamorphisme de la série de Rodez à un cycle antérieur au cycle hercynien; nous n'avons pas trouvé la preuve de cette hypothèse.

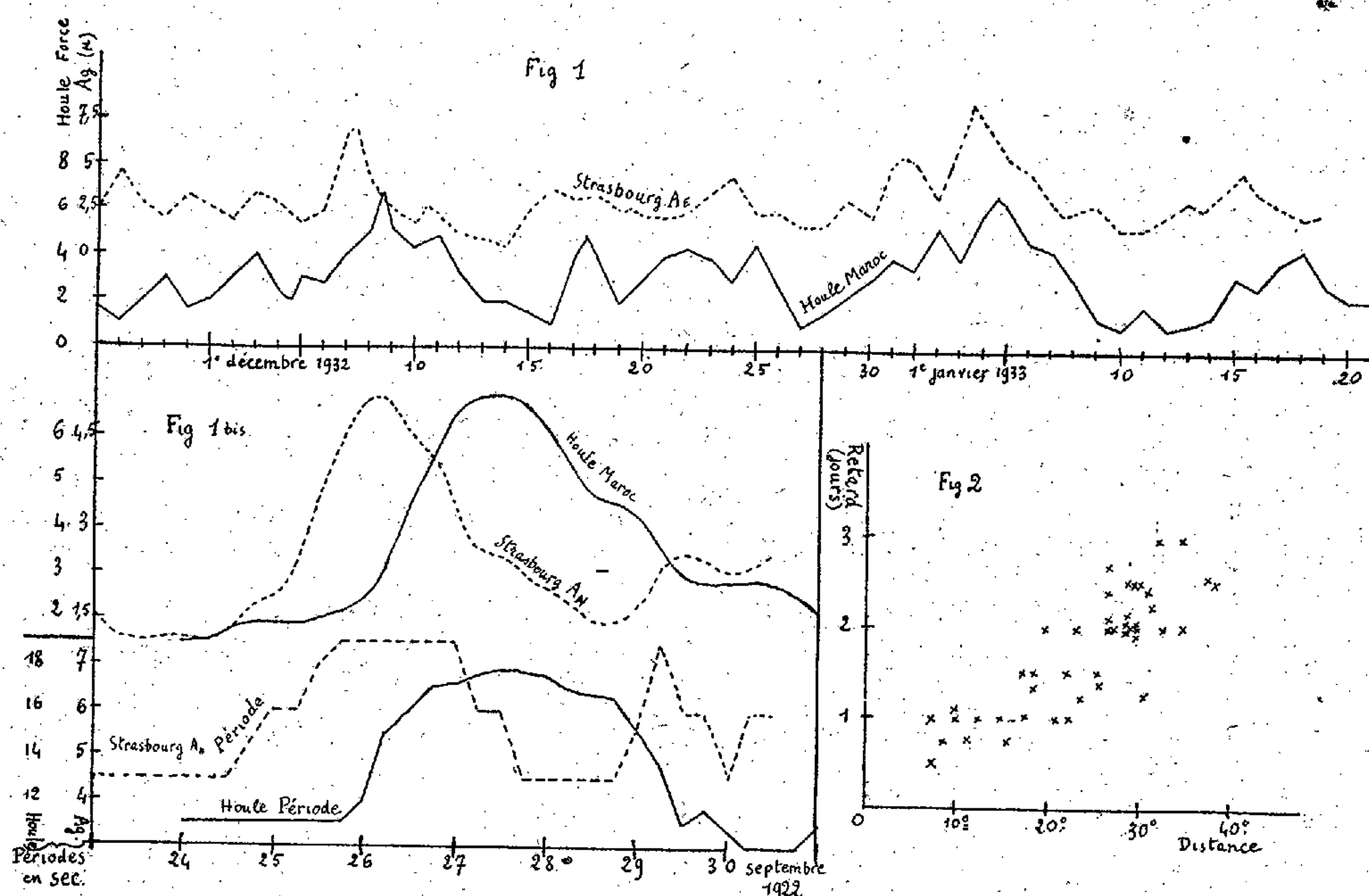
On peut aussi, avec une facilité séduisante, expliquer les aspects divers que présente le pays cristallin étudié, suivant les idées de Wegmann ([1]) sur les migmatites, par les irrégularités du front de migmatisation ou par des alternatives d'avancée et de recul de ce front.

Seule l'analyse structurale détaillée, poursuivie sur le terrain et sur les plaques minces, permettra de choisir entre ces hypothèses.

([1]) C.-F. Wegmann, *Zur Deutung der Migmatite* (*Geologische Rundschau*, 26, 1935, p. 305-350).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Relation entre la houle sur la Côte du Maroc et l'agitation microséismique en Europe Occidentale.* Note (¹) de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

I. Différents auteurs ont étudié parallèlement l'agitation microséismique et l'état de la mer sur les côtes d'Europe. Il serait intéressant de comparer aussi les variations de l'agitation à celle de la houle en plein



Océan; à défaut de données directes sur cette dernière, j'ai cru possible d'utiliser les observations de la houle sur la côte nord-ouest du Maroc qui sont faites en distinguant la houle lointaine (provenant de dépressions parfois très éloignées) du clapotis local éventuellement créé par le vent (²).

Les résultats de cette comparaison sont les suivants :

1° Il existe un étroit parallélisme entre les variations d'intensité de la houle au Maroc et celle de l'agitation microséismique à Strasbourg, comme on le voit sur les figures 1 et 1 *bis*.

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

(²) *Bulletin météorologique du Maroc* publié par l'Institut scientifique chérifien, *passim* et M. Montagne (*Annales hydrographiques*, 3e série, 5, 1922, p. 157).

2° Les maxima d'agitation sont *en avance* sur ceux de la houle au Maroc.

3° La différence des temps d'arrivée d'un maximum d'agitation à Strasbourg et du maximum correspondant de la houle *n'est pas constante*.

En conséquence, on est conduit à admettre que les deux phénomènes ont une origine commune C de position variable. Or, si l'on relève les dates des maxima d'agitation à Strasbourg, on trouve qu'ils correspondent à la présence sur l'Océan d'une zone dépressionnaire plus ou moins profonde (³). Admettons qu'une dépression C soit l'origine commune de deux propagations, l'une par le sol (agitation), l'autre par la surface de la mer (houle) : les vitesses respectives de propagation de la houle et des ondes séismiques étant très différentes, on peut, en première approximation, supposer que l'époque t du maximum d'activité de C coïncide avec celle du maximum d'agitation aux diverses stations séismiques, tandis que celle t' de la plus grande force de la houle retarde au Maroc de 1 à 3 jours sur t, la différence $t' - t$ étant la durée de propagation de la houle entre C et le Maroc. Soit D la distance à l'instant t entre la perturbation C et le Maroc : si l'on porte sur un graphique chaque valeur de D en fonction de la différence $t' - t$, les points se groupent autour d'une droite ou d'une courbe, ce qui vérifie la relation nécessaire entre la distance D et le temps $t' - t$ (*fig.* 2).

II. Les centres étudiés jusqu'à présent sont répartis sur une grande étendue, mais se groupent particulièrement au sud de l'Islande et à l'ouest de la Grande-Bretagne et du Portugal.

Voici quelques exemples :

Date du maximum de l'agitation.	Retard de la houle au Maroc.	Position de la dépression.	Distance au Maroc en arc de grand cercle.
15 janvier 1933	2ʲ 1/2	au nord de l'Islande	38°
11 janvier 1930	2	entre l'Écosse et l'Islande	28
26 septembre 1922 ...	1 1/3	ouest de l'Irlande	19
7 décembre 1932 ...	1	au large de la Corogne	10

III. On a trouvé, en outre, que les amplitudes relatives de la houle et de l'agitation et le rapport des distances respectives de la dépression à Strasbourg et au Maroc varient dans le même sens, comme il fallait s'y attendre.

IV. Il a été possible, dans certains cas, de mettre également en évidence un parallélisme entre les variations de période de la houle au Maroc et de

(³) Fait déjà signalé par Lacoste et d'autres auteurs.

l'agitation à Strasbourg, avec un retard des premières sur les secondes (*fig.* 1 *bis*).

V. Lee ([4]) a signalé que la présence d'une dépression n'est pas toujours accompagnée d'une forte agitation microséismique. Par exemple les deux dépressions des 3 et 11 janvier 1930, également profondes et sembablement situées, ont eu des effets microséismiques bien différents. Or on trouve que la dépression du 3 janvier, inactive pour l'agitation, l'a été également par la houle au Maroc, tandis que celle du 11, accompagnée d'une agitation exceptionnelle a été suivie d'une forte houle (7) au Maroc le 13.

VI. *Conclusion.* — On est ainsi amené à faire intervenir comme cause de l'agitation microséismique l'action de la houle à son point d'origine. Du point de vue pratique, la connaissance des variations de l'agitation microséismisque donnerait certainement des indications utiles à la prévision de la houle sur les côtes du Maroc.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Comparaison de la radioactivité de roches d'Alsace par la méthode des tubes compteurs.* Note de MM. **Edmond Rothé** et **Th. Kopcewicz**, présentée par M. Charles Maurain.

On a montré la possibilité d'effectuer une prospection radiométrique par l'observation des radiations pénétrantes ([1]). Si l'on veut comparer par les mêmes radiations pénétrantes, au laboratoire, l'activité d'échantillons recueillis sur place, il est commode d'utiliser un tube compteur Geiger Muller ([2]).

Ce tube, de 2^{cm} de diamètre, occupe la partie centrale d'un cylindre de laiton, isolé à la paraffine, ayant environ 6^{cm} de diamètre, $7^{cm},5$ de hauteur. La substance active, finement pulvérisée, occupe le volume laissé libre entre le tube et le cylindre, c'est-à-dire 2^{cm} d'épaisseur sur toute la hauteur. La matière du tube compteur, aluminium ou laiton, est assez épaisse pour que les rayons α n'entrent pas en ligne de compte. C'est seulement l'action des rayons γ et de certains rayons β qui sera observée ici.

L'ensemble de ce dispositif est introduit dans la cavité centrale d'un

---

([4]) *Met. Office*, *Geoph. Mem.*, 62, 1934, p. 25.

([1]) E. Rothé et Mme A. Hée, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 892; 203, 1936, p. 268; 204, 1937, p. 1835.

([2]) W. Vogt, *Physikalische Zeitschrift*, 34, 1933, p. 80.

anneau cylindrique de plomb [3] dont les rayons ont 5 et 15^{cm}; l'épaisseur est ainsi 10^{cm} sur 13^{cm} de largeur. Des écrans de plomb convenablement aménagés laissent passer les connexions par les ouvertures indispensables. De toutes parts le tube est ainsi protégé par une épaisseur de plomb suffisante contre les rayonnements parasites des substances, objets ou murs voisins. Les rayons très pénétrants, comme les rayons cosmiques, traversent ces épaisseurs et contribuent à l'effet parasite mesuré au préalable et retranché de l'effet total. Les décharges sont inscrites sur un cylindre universel Boulitte par un oscillographe Abraham placé à la sortie d'un amplificateur à trois lampes. Ce dernier a été convenablement étudié au point de vue de la polarisation des lampes. On a ainsi atteint ce résultat que, sans substance radioactive, le dispositif sous une tension déterminée fournit un nombre de décharges parasites à peu près invariable à 3 pour 100 près.

Les deux substances sur lesquelles ont porté les comparaisons sont le granit de Brifosse (Sainte-Marie-aux-Mines) et la rhyolite du Rosskopf, qui, par les études précédemment rappelées, se placent parmi les plus actives de la région. Le rapport de leurs activités sous volume constant a été trouvé égal à 1,48.

Des comparaisons entre les deux substances étalonnées, très diluées, préparées l'une à partir de $BaCl^2$ radifère, l'autre de CO^3Ba très pur, ont montré que la précision est suffisante au degré d'exactitude indiqué pour le comptage des chocs. Le deuxième étalon, préparé par Mme Hée, contenait, dans $222^g,9$, $43,9.10^{-10}$ grammes de Ra. Le nombre de chocs propre est de 1731. Pour le granit, deux expériences ont donné 2620 et 2870 chocs pour $211^g,5$ de poudre, ce qui conduit aux chiffres 31,4 et $34,4.10^{-12}$, soit $32,9.10^{-12}$ en moyenne.

Pour la rhyolite, pour $196^g,7$ de poudre, on a obtenu 1719 chocs, ce qui conduit au chiffre $22,1.10^{-12}$. Ces chiffres représentent non pas la teneur en Ra, mais la quantité de Ra qui, dans les mêmes conditions et sous même volume, mais dans du $BaCl^2$, produit le même effet que l'ensemble des substances actives contenues dans la roche.

D'autres séries de mesures ont conduit à des chiffres très voisins des précédents.

---

[3] Ce plomb, provenant de la cathédrale de Strasbourg, et datant de plusieurs siècles, a été reconnu inactif. Certains plombs actuels du commerce manifestent au contraire une certaine activité.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'influence du relief terrestre sur les mouvements verticaux de l'air à la Banne-d'Ordanche (Massif du Mont-Doré).* Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. Charles Maurain.

Cette étude fait partie d'un ensemble de recherches organisées par l'Office National Météorologique à la station de la Banne-d'Ordanche, auprès du Centre National de vol sans moteur. Les résultats proviennent d'une série de 69 sondages à 2 théodolites exécutés sur la base de 1022^m,50, dont l'une des extrémités est au Puy-Loup (alt. 1479^m). Les ballons pilotes, équilibrés, ou possédant une légère vitesse ascensionnelle, ont été suivis à l'aide de théodolites ordinaires de sondage, ou de théodolites inscripteurs du modèle Hubert-Lepetit. L'approximation avec laquelle la position du ballon a été déterminée est de 2^m en moyenne, jusqu'à une hauteur de 1200^m au-dessus du point de départ, limite rarement dépassée.

Les questions plus particulièrement examinées au cours de cette campagne, se rapportent au vent de pente, à la formation des colonnes d'air brusquement ascendantes le long des pentes de montagne, et aux tourbillons entraînés, à axe vertical.

1. Des deux effets qu'une vallée produit sur le vent, vent de vallée, et vent de pente, celui-ci est le plus développé dans la vallée de la Dordogne, sur son versant nord, qui limite le massif de la Banne-d'Ordanche. Ces ascendances sont utilisées journellement par les planeurs du Centre.

On a reconnu que, par temps calme, ou vent très faible, le vent de pente emprunte, entre autres voies d'accès privilégiées, une sorte de sillon orographique, orienté de l'WSW à l'ENE, qui, partant du fond de la vallée (alt. 900^m), débouche vers 1350^m d'altitude, à la Banne-d'Ordanche, au-dessous du signal géodésique. La hauteur jusqu'à laquelle ce vent de pente s'élève au-dessus du rebord de la vallée, dépend des conditions de stabilité de l'atmosphère. Les sondages à deux théodolites ont permis de reconnaître son action à des hauteurs dépassant 500^m au-dessus de ce rebord, et à des distances horizontales de plus de 2^{km}.

Des discontinuités de direction et d'ascendance, constatées à plusieurs reprises, vers 1900^m d'altitude, indiquent que le vent de pente est influencé par les courants atmosphériques de direction Sud à Sud-Est qui franchissent la barrière du Sancy (1886^m) : il est parfois fortement rabattu par ces courants.

2. Les sillons orographiques qui découpent le versant nord de la vallée

de la Dordogne servent, non seulement au vent de pente ascendant, mais à l'air froid qui descend le soir des sommets vers les vallées. On a trouvé (2 août, 26 septembre 1935), des vitesses verticales régulières de $0^m,50$ vers le bas. Lorsque ces masses d'air descendantes atteignent la Banne-d'Ordanche, la turbulence du vent cesse pour faire place à un écoulement purement laminaire.

3. On doit rattacher au vent de pente les colonnes d'air fortement ascendantes, suffisamment rapides pour entraîner dans la hauteur des objets légers, qui se forment sous certaines conditions sur les flancs des montagnes. L'un de ces phénomènes, observé à la Banne-d'Ordanche le 11 septembre 1935, a été étudié à l'aide des documents aérologiques réunis pendant cette journée.

Ces ascendances se produisent lorsque de l'air maritime frais venant d'Ouest rencontre un reste d'air continental chaud, se déplaçant sous forme de vent faible des régions Est limité aux couches les plus basses de l'atmosphère, la ligne de rencontre étant dessinée par une chaîne de montagnes orientée Nord-Sud.

Aux conditions ordinaires qui rendent l'air chaud ascendant au milieu de l'air maritime plus frais, s'ajoutent ici l'influence de la pente orientale, qui donne au vent d'Est une ascendance supplémentaire, et l'influence de la pente occidentale, qui refroidit l'air maritime par élévation adiabatique.

La colonne d'air du 11 septembre, dont le début a eu lieu à 9^h45^m, T. M. G., donnait encore à 10^h33^m des vitesses verticales de 3 m/s, et son sommet atteignait à ce moment une hauteur de 500^m au moins au-dessus du Puy-Loup (alt. 1479^m).

4. On remarque parfois, au cours des sondages à deux théodolites, une discordance complète entre le sens des vitesses verticales de l'air et l'inclinaison de la pente, des vitesses descendantes étant par exemple rencontrées au-dessus de pentes ascendantes. Les anomalies de cette nature sont dues à l'arrivée de faibles grains ou de fronts froids minuscules dont les mouvements verticaux propres interfèrent avec ceux qui sont produits par le relief.

Si les deux effets se contrarient, on peut trouver des mouvements descendants de l'air au-dessus de pentes ascendantes. Si les effets s'ajoutent, les vitesses verticales, en particulier, les vitesses descendantes prennent, sous le vent des montagnes, une intensité notable. C'est le cas du 9 septembre 1935, où, sous le vent de la chaîne du Barbier, les vitesses verticales dirigées vers le bas atteignait près de 3^m à la seconde (moyenne en 30^s).

5. L'analyse de certains sondages a mis en lumière des mouvements de rotation de l'air provenant de tourbillons à axe vertical entraînés par les courants atmosphériques. Un tourbillon décelé le 7 octobre 1935 possédait une rotation dextrorsum (vu d'en haut), et un mouvement de l'air descendant. Il a été observé à une hauteur de 350^m au-dessus du sol, dans le voisinage d'une pente très accusée (ravin du ruisseau de Rochefort). La formation de tels tourbillons s'explique ainsi. Lorsque deux couches d'air superposées ont des stabilités très différentes, la couche inférieure étant instable, et la couche supérieure stable, et que la surface de séparation des deux couches se trouve au-dessous de la limite d'influence verticale du relief, il se produit à la rencontre d'un accident orographique important, une tendance au décollement des deux couches, d'où production de mouvements tourbillonnaires.

En étudiant un autre sondage, effectué le 25 septembre 1936 par parachute lancé du bord d'un motoplaneur, on a identifié à une hauteur de 600^m au-dessus du terrain, à une altitude de 1900^m, un mouvement tourbillonnaire à sens de rotation dextrorsum et vitesse ascendante de l'air. Les vitesses ascendantes diffèrent nettement en des points diamétralement opposés du tourbillon. Cette différence paraît due à une inclinaison de l'axe. Si l'inclinaison de l'axe sur la verticale est suffisamment accentuée, on peut même trouver d'un côté, des vitesses ascendantes, et de l'autre, des vitesses descendantes. Si le tourbillon à axe d'abord vertical pénètre dans des couches d'air à fortes vitesses horizontales du vent, l'axe s'incline de plus en plus vers l'horizontale, et l'on a dans ce cas une sorte de bande d'ascendance, avec condensation nuageuse possible, contiguë à une bande de mouvements descendants.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Violacées. Développement de l'embryon chez le* Viola tricolor *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Pour bien comprendre les processus du développement de l'embryon du *Viola tricolor*, il faut les comparer à ceux qui ont été déjà décrits au sujet du *Geum urbanum* (1). On saisira ainsi aisément les analogies profondes

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et 1197; *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645.

qui apparentent les deux plantes et les différences essentielles qui les séparent.

La cellule basale du proembryon bicellulaire se divise avant la cellule apicale; elle prend une cloison nettement transversale (*fig.* 1 à 3), pour donner deux éléments superposés, *m* et *ci*. La cellule apicale se partage à son tour peu après par une cloison oblique séparant deux cellules de forme et de dimensions dissemblables, *a* et *b*.

L'élément intermédiaire, *m*, de la tétrade ainsi constituée (*fig.* 4), se segmente

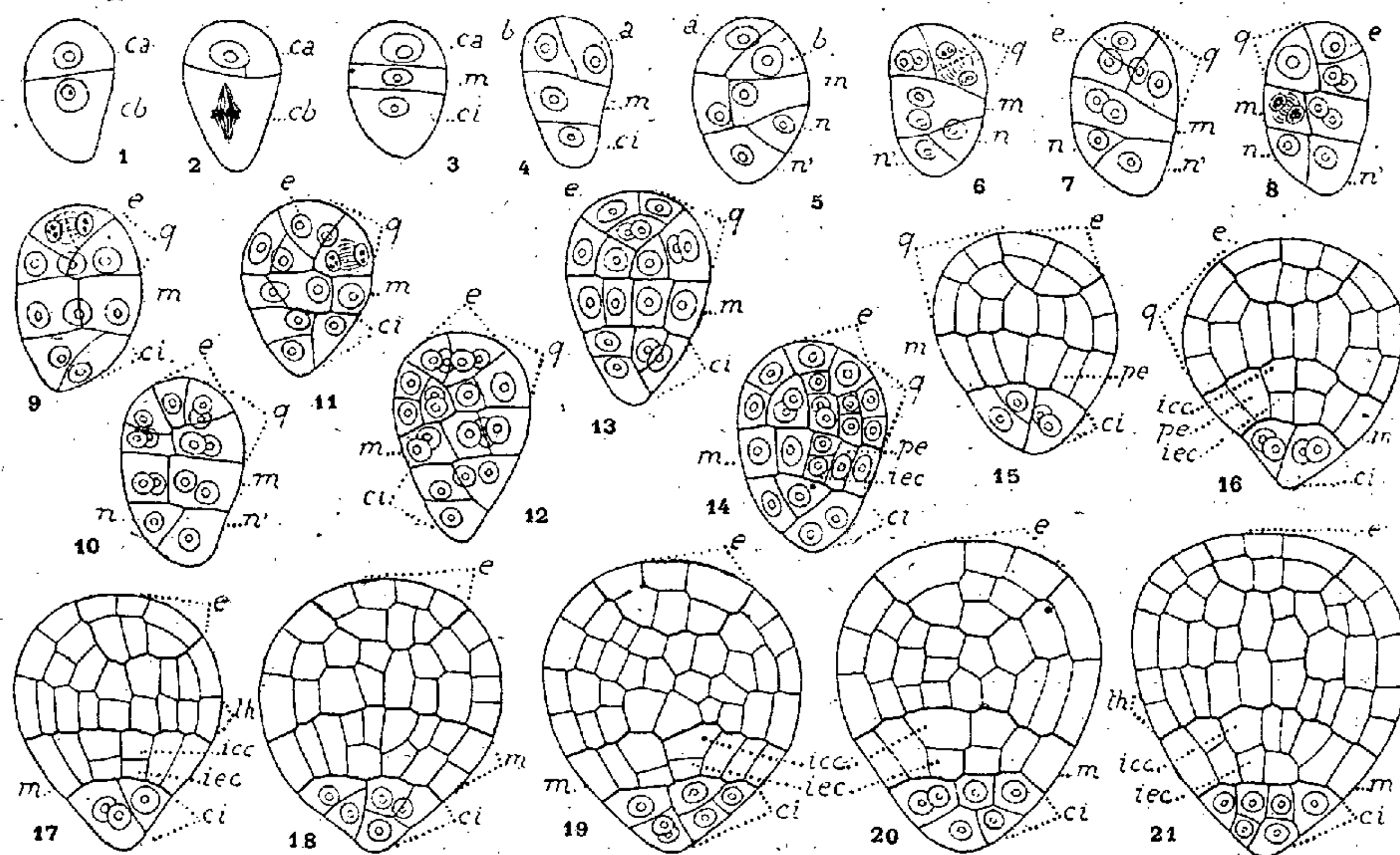


Fig. 1 à 21. — *Viola tricolor* L. Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou groupe cellulaire qui en dérive; *ci*, cellule inférieure de la tétrade ou éléments qui en sont issus; *a* et *b*, cellules filles de *ca*; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *pe*, périblème, *icc*, initiales de la stèle, et *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *th*, tige hypocotylée. G. = 280.

ensuite verticalement; l'élément inférieur, *ci*, prend également une cloison verticale, quelque peu oblique, pour donner deux cellules à peu près juxtaposées, *n* et *n* (*fig.* 5 à 8). Dans *a* et *b*, les cloisons sont perpendiculaires l'une à l'autre et normales à la paroi précédente, de sorte que les quatre noyaux issus de ces deux cinèses se disposent en tétraèdre régulier. L'élément du sommet devient une cellule épiphysaire (*e*, *fig.* 7), tout à fait comparable, par son mode d'origine, ses processus de division et ses fonctions, à la cellule épiphysaire du *Geum urbanum*. Au terme de ces divisions, le proembryon est octocellulaire et présente trois étages *q*, *m* et *ci* (*fig.* 7).

L'étage supérieur, *q*, constitué par quatre quadrants, groupés en tétraèdre, produit, en outre de l'épiphyse, la partie cotylée proprement dite et la moitié supérieure de l'hypocotyle. A cet effet, les trois éléments sous-épiphysaires se divisent par des

cloisons, en général tangentielles (*fig.* 11, 13), séparant les premiers éléments de dermatogène (*fig.* 12, 14, 15), parfois horizontales ou obliques (*fig.* 10, à gauche). Aux cloisons verticales succèdent toujours des parois transversales, d'abord dans les cellules les plus extérieures (*fig.* 14 à 16), puis dans les cellules intérieures (*fig.* 17). Il se développe ainsi deux assises dont les parois de séparation se placent dans le plan équatorial du massif sphérique que forme à ce stade le proembryon : l'assise supérieure donne la partie cotylée proprement dite, l'assise inférieure la portion supérieure, *th*, de l'hypocotyle (*fig.* 17, 19 à 21), celle qui est destinée à devenir la tige hypocotylée.

Les deux éléments de l'étage *m* (*fig.* 5 à 7), par cloisons verticales, donnent d'abord quatre cellules circumaxiales (*fig.* 9, 10), puis une assise cellulaire transverse (*fig.* 12 à 15), dans laquelle apparaissent nettement, à un moment donné, trois éléments de chaque côté de l'axe (*fig.* 15). Les plus extérieurs de ces éléments sont des cellules mères de dermatogène et de périblème. Dans les éléments voisins de l'axe, des cloisons transversales isolent, vers le bas (*fig.* 16, 17), les initiales de l'écorce, vers le haut, les initiales du plérome de la racine. Ces dernières se partagent, en règle générale, verticalement pour donner, vers l'extérieur, les premiers éléments de péricambium. Ces processus de segmentation peuvent varier; ils ne sont pas, d'ailleurs, toujours nettement distincts, car il est difficile d'obtenir des coupes rigoureusement axiales, et l'embryon lui-même se développe le plus souvent de manière dissymétrique. Quoi qu'il en soit, il apparaît nettement que les éléments issus de *m* engendrent la portion inférieure de l'hypocotyle, celle qui représente le primordium de la racine.

Les éléments de l'étage *ci* produisent un massif conique très court, aux dépens duquel se constitue le primordium de la coiffe. Il n'apparaît pas de suspenseur.

En définitive, c'est à l'embryon du *Geum urbanum* que celui du *Viola tricolor* doit être rattaché. La tétrade offre les mêmes caractères et ses deux cellules supérieures produisent quatre éléments disposés en tétraèdre, dont l'un se convertit en une épiphyse, identique, sous tous les rapports, à celle des Potentillées. Mais des différences essentielles séparent les deux types embryonnaires. Chez le *Viola*, les trois éléments sous-épiphysaires donnent la partie cotylée proprement dite et la moitié supérieure de l'axe hypocotylé, au lieu de produire la partie cotylée seulement; l'élément *m* ne fournit que la moitié inférieure de l'hypocotyle au lieu d'engendrer l'hypocotyle tout entier; les initiales de l'écorce de la racine prennent naissance aux dépens de l'hypocotyle au lieu de procéder d'une cellule hypophysaire originaire de *ci*; enfin il ne se développe pas de suspenseur, la cellule inférieure *ci* contribuant seulement à la construction de la portion médiane de la coiffe.

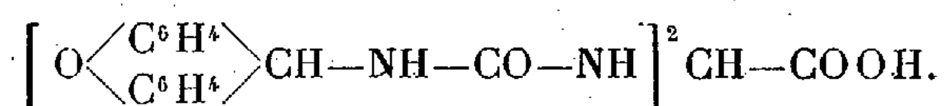
CHIMIE VÉGÉTALE. — *Présence de l'acide allantoïque dans les feuilles de* Coryllus avellana. Note [1] de M. **Lucien Leroux**, présentée par M. Richard Fosse.

Le suc d'expression des jeunes feuilles de *Coryllus avellana* (noisetier), en présence de chlorhydrate de phénylhydrazine, de ferricyanure de potassium et d'acide chlorhydrique concentré, donne la réaction indiquée par Schryver pour l'aldéhyde formique [2] et par Fosse et Hieulle pour l'acide glyoxylique [3].

Or l'aldéhyde formique ne peut y être décelé par la méthode sensible et spécifique au β-naphtol de Fosse, de Graeve et Thomas [4]. D'autre part le suc hydrolysé fournit de l'urée caractérisable avec le xanthydrol.

Nous avons découvert que ces réactions étaient dues à l'acide allantoïque, uréide de l'acide glyoxylique, déjà trouvé par Fosse [5] dans les jeunes feuilles d'*Acer pseudoplatanus* et le légume vert de *Phaseolus vulgaris*, et nous avons caractérisé ce corps par les préparations de son dérivé dixanthylé et de son sel d'argent.

Préparation de l'acide dixanthylallantoïque



$$\left[O\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH{-}NH{-}CO{-}NH \right]^2 CH{-}COOH.$$

300g de feuilles de noisetier, récoltées au début de mai, sont broyées et soumises à la presse. Le résidu est délayé dans l'eau distillée et pressé à nouveau. L'opération est répétée jusqu'à obtenir 300^{cm^3} de liquide. Après refroidissement à la glacière (4 heures), on défèque avec 45^{cm^3} d'une solution saturée à froid d'acétate d'urane. On filtre à la glacière. Le liquide limpide est versé dans son volume d'acide acétique contenant 1/200e de xanthydrol. Après une nuit à la glacière, le précipité est essoré, lavé à l'acide acétique et séché à 40°.

Poids d'acide dixanthylallantoïque brut, $0^g,300$.

---

(1) Séance du 28 juin 1937.

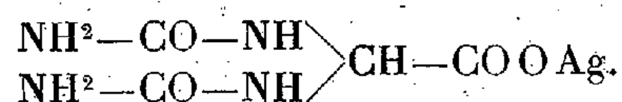
(2) G. Bertrand et P. Thomas, *Manipulations de chimie biologique*, 3e édition, 1919, p. 441.

(3) R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1596.

(4) R. Fosse, P. de Graeve et P.-E. Thomas, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1450 et **201**, 1935, p. 105.

(5) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 175 et 869; **183**, 1926, p. 1114 et *Revue générale des Sciences*, 38, 30 novembre 1927, p. 635; R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1596; R. Fosse et V. Bossuyt, d'après R. Fosse, *L'Urée*, Paris, 1928, p. 196.

Préparation de l'allantoate d'argent



Traité par l'alcool chlorhydrique, l'acide dixanthylallantoïque se scinde en xanthydrol et acide allantoïque que nous avons transformé en sel d'argent suivant la technique qui nous a été indiquée par M. Fosse.

0g,200 d'acide dixanthylallantoïque brut, finement pulvérisés et recouverts d'éther absolu (2-3cm³) dans un tube fortement refroidi, sont additionnés progressivement de 40 gouttes d'alcool absolu saturé de gaz chlorhydrique sec. On triture avec 15cm³ d'éther puis on centrifuge. Le résidu est épuisé trois fois par l'éther. Il est ensuite broyé avec 3cm³ d'eau glacée et de la potasse N/10 jusqu'à faible réaction alcaline à la phtaléine. On centrifuge et filtre. Le filtrat est additionné de 0g,2 de nitrate d'argent solide puis, après dissolution par agitation, d'un volume d'alcool absolu. On laisse reposer à la glacière pendant 4 heures. On centrifuge. Le précipité est épuisé par de l'eau très chaude (80°). On filtre et le liquide est traité par un volume d'alcool absolu.

Après quelques heures à la glacière, l'allantoate d'argent cristallise en aiguilles microscopiques groupées, solubles dans l'eau chaude, insolubles dans l'alcool.

Les cristaux sont lavés à l'alcool et séchés à 40°. Poids, 0g,025. On les redissout dans l'eau chaude, acidulée par quelques gouttes d'acide nitrique et l'on dose l'argent à l'état de chlorure. Ag pour 100 trouvé, 37,65; théorie, 38,12.

Dosage. — Le dosage est effectué suivant la technique de Fosse et Bossuyt [6] basée sur l'hydrolyse de l'acide allantoïque et la précipitation de l'urée mise en liberté au moyen du xanthydrol.

130g de jeunes feuilles de noisetier (humidité à 100°-110° : 66,35 pour 100) sont broyées et soumises à la presse. Le résidu est délayé dans l'eau distillée (120cm³) et exprimé. On recueille 100cm³ de liquide. On centrifuge, ajoute au liquide 10cm³ d'acide chlorhydrique N et hydrolyse par chauffage pendant 30 minutes au bain-marie à 60°. On filtre. On défèque avec 30cm³ de sous-acétate de plomb liquide. On filtre. 70cm³ du filtrat sont soumis au passage d'hydrogène sulfuré pendant 30 minutes. Le sulfure est filtré et lavé, l'hydrogène sulfuré est balayé par un courant d'air. On neutralise avec un peu de soude. Le volume total atteint 85cm³.

A 15cm³ de ce liquide, on ajoute 30cm³ d'acide acétique et 2cm³,25 de xanthydrol méthylique à 10 pour 100. Après 24 heures on recueille la xanthylurée. Poids obtenu, 0g,008. Acide allantoïque correspondant, 0g,0016.

Acide allantoïque pour 1000g de feuilles sèches, 0g,430.

---

(6) Voir note (5).

CHIMIE AGRICOLE. — *Mesure de la capacité des sols en chaux et chaulage des sols acides.* Note (¹) de MM. **Vincent**, **Herviaux** et **Coic**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les sols fixent les bases par les colloïdes minéraux et organiques entrant dans leur constitution; les fonctions acides des colloïdes se saturent; la réaction alcaline peut, suivant la nature des bases, dépasser pH = 8. En présence d'un excès de calcaire, la neutralisation atteint pH = 7,8, qui est celui correspondant à une solution aqueuse de CO^3Ca.

A chaque sol correspond une quantité déterminée de CaO pour sa saturation totale, quantité qui représente sa *capacité de saturation*. Dans les sols calcaires, tenant au minimum 1 pour 100 de carbonate, la capacité est satisfaite lorsque pH = 7,8.

La mesure de la capacité est importante puisqu'elle permet de fixer la limite maxima de chaux nécessaire à la saturation des sols acides; nous allons montrer qu'elle permet aussi de calculer la quantité de chaux qu'il faut apporter pour réaliser un milieu biologique de pH = 7, reconnu le meilleur pour le développement des plantes et l'utilisation des engrais.

La mesure de la capacité d'un sol s'obtient en le traitant par un excès de CO^3Ca en présence d'acétate de potassium. Le potassium déplace les ions H et Ca du sol; les ions H libérés attaquent CO^3Ca : la chaux totale dissoute, déduction faite de la quantité que solubilise la solution d'acétate en présence de CO^3Ca, donne la capacité du sol en chaux.

A 10^g de sol on ajoute un gramme de CO^3Ca pur, précipité, 150^{cm^3} de solution d'acétate de potassium N/2 et l'on agite mécaniquement pendant deux heures. La chaux dissoute est dosée (permanganate N/20).

La quantité de chaux nécessaire pour réaliser un milieu correspondant à pH = 7 se calcule en assimilant l'acidité des sols à celle d'une solution acétique N/10 qu'on sature avec une solution de soude N/10. Lorsque, au cours de la saturation, on atteint pH = 7, le rapport entre les quantités de bases ajoutées aux pH = 7 et pH = 7,8 indiqué par la courbe de saturation, égale 0,83.

Ce rapport entre les quantités de bases aux pH indiqués a été constaté dans les déterminations que nous avons faites sur différents sols correspondant à des pH voisins de 7.

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

La quantité de chaux dont un sol a besoin s'obtient en multipliant sa capacité en chaux par le coefficient 0,83. La quantité de chaux qu'on doit donner au sol est la différence entre ce besoin physiologique et la chaux échangeable du sol qui est mesurée en même temps que la capacité, par la même méthode, sans correction de solubilité.

L'emploi du carbonate de calcium pour ces mesures correspond aux conditions naturelles : il ne peut donner lieu aux interprétations qu'ont suscitées les solutions de chaux ou de bicarbonate utilisées dans d'autres méthodes.

ZOOLOGIE. — *Métamorphose prématurée par ablation des* corpora allata *chez le jeune ver à soie.* Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons exposé déjà (1) les résultats de l'allatacorporectomie double, ou ablation chirurgicale des *corpora allata*, chez le ver à soie au dernier âge larvaire (entre la IVe mue et la mue nymphale) : la métamorphose, nymphe puis papillon, se produit dans la majorité des cas et dans des délais sensiblement normaux, que l'opération soit pratiquée tôt ou tard après la IVe mue.

Nous avons réussi la même ablation sur des vers plus jeunes : entre leur IIIe et IVe mue. Cette période, ou avant-dernier âge, dure normalement, dans nos élevages (temp. 19°-25°C.), 7 jours pleins de la fin de la IIIe exuviation jusqu'au début de la IVe mue; les durées de 6 jours et de plus de 8 jours sont exceptionnelles.

Les époques des 50 allatacorporectomies envisagées ici s'échelonnent de 1 jour révolu après la IIIe mue jusqu'au 7e jour : des 12 vers opérés entre le 6e et le 7e, quatre ont mué; les 18 opérés entre le 1er et le 4e, sont tous morts, mais avec des survies très différentes; des 20 opérés du 4e au 6e jour, deux ont mué, neuf ont donné des nymphes, dont deux sont mortes sans pouvoir se dépouiller.

Les *témoins chirurgicaux* ayant subi, entre le 4e et le 6e jour, les mêmes traitements (anesthésie, contention, incisions et traumatismes locaux) que ceux permettant l'ablation des C. A., n'ont jamais donné de nymphes, mais ont mué quand ils ont survécu. De même, ne se nymphosent pas les

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 388.

demi-opérés, c'est-à-dire ceux où un seul des C. A. a pu être enlevé; observés à part, ils n'entrent pas dans la statistique précédente.

Indiquons brièvement le comportement post-opératoire :

Vers tardivement opérés : ils entrent en mue rapidement ; les cicatrices gênent mécaniquement le dépouillement; peu réussissent à se dégager spontanément et sans hémorragie fatale.

Vers précocement opérés : ils ne peuvent vivre que si les cicatrices ne les empêchent pas de s'alimenter; certains n'arrivent qu'à grignoter des nervures ou le bord des feuilles et ne peuvent que retarder leur mort par inanition. Quatre opérés, en mangeant normalement, ont survécu longtemps, dépassant notablement l'âge de la IVe mue qui ne s'est pas produite.

Quant aux opérés qui donnent des nymphes, les uns ne cherchent même pas la nourriture, circulent dans leur cage, et se comportent comme des vers du dernier âge *en montée;* plusieurs ont filé de petits cocons translucides, où ils se nymphosent; d'autres se nymphosent sans filer; quelques-uns mangent avidement puis s'immobilisent, avec ou sans filage, et se nymphosent un peu plus tard que les précédents. Le filage se produit, en général, du 7e au 10e jour après la IIIe mue, moment où les vers devraient subir la IVe mue normale; et la mue nymphale se produit vers le 11e ou 12e jour. Compte tenu de la durée normale (2 jours) de la IVe mue, on voit que les opérés escamotent cette IVe mue, et que la durée de leur vie larvaire (éclosion à mue nymphale) est d'un tiers (16 jours) inférieure à la normale (48 jours environ).

Il est intéressant de noter que la IVe mue n'est possible, chez les vers témoins, que si l'alimentation dure jusqu'au 5^e $^1/_2$-6e jour après la IIIe mue. La mue nymphale des opérés est donc compatible avec une cessation plus précoce (4e jour) de l'alimentation.

L'aspect des petites nymphes est sub-normal; ailes et appendices sont disposés classiquement; les sternites abdominaux postérieurs montrent les différences caractérisant le sexe (femelles en majorité), alors qu'au moment de l'opération, les vers ne présentent pas de caractères sexuels secondaires. Le poids oscille entre 0^g,16 (♂) et 0^g,47 (♀), alors que, chez 20 nymphes témoins, les poids extrêmes constatés ont été 0^g,73 (♂) le plus léger et 1^g,57 (♀ le plus lourd).

L'évolution de ces nymphes s'est poursuivie ; au bout d'une quinzaine de jours (durée normale de nymphose), un papillon s'est spontanément dégagé et nous avons pu extraire plusieurs petits papillons mort-nés.

Les C. A. ont-ils un rôle inhibiteur temporaire sur la métamorphose

des Lépidoptères, comme l'a suggéré Wigglesworth ? De nouvelles expériences nous permettront peut-être de préciser ce rôle. Wigglesworth (1934) a obtenu, lui aussi, des adultes prématurés chez un Hémiptère hématophage (*Rhodnius*), soit en coaptant les sujets plus ou moins décapités, d'âges larvaires différents, soit par des décapitations d'animaux jeunes ? Nous ne pouvons discuter ici ses expériences; la différence de matériel et de techniques employés justifie, à notre sens, la rédaction de la présente Note.

PHYSIOLOGIE. — *Étude du rapport calcium/phosphore dans divers tissus, notamment dans les fémurs du lapin au cours de la croissance.* Note de M. **Jules Alquier** et de Mlle **Andrée Michaux**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous apportons une nouvelle contribution à l'étude du rapport Ca/P qui présente dans les tissus animaux un certain intérêt physiologique. Dans ce but, nous avons déterminé les teneurs centésimales et totales en calcium et en phosphore de plusieurs organes prélevés sur des lapins de portées différentes.

Les dosages, effectués selon les méthodes de M. Javillier et D. Djelatidès [1], dans le *tissu osseux* (sur les deux fémurs), l'*estomac*, les *muscles striés*, les *reins*, le *foie* et le *cerveau* des animaux étudiés, ont été faits à diverses périodes de la croissance, à partir de la naissance jusqu'à l'âge adulte.

Les résultats analytiques montrent que les teneurs centésimales en calcium des tissus secs des *fémurs* s'élèvent constamment au cours du développement. Il en est de même des quantités totales de calcium existant dans les deux fémurs. Ces données concordent parfaitement entre elles chez les lapins ayant le même âge, et cela pour les deux portées auxquelles se rapporte le tableau ci-après.

On constate également une certaine analogie entre les teneurs totales des mêmes os en phosphore, bien que les teneurs centésimales en ce dernier élément présentent des variations assez importantes.

Il en résulte que les rapports Ca/P, *calculés d'après les données obtenues sur*

---

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 10, 1928, p. 342; *Ann. des Falsifications et des Fraudes*, 24, 1931, p. 133.

les fémurs de lapins provenant des deux portées observées, diffèrent beaucoup entre eux les tout premiers jours; ils sont respectivement égaux à 1,01 *et à* 2,22. Mais ensuite *les pourcentages en phosphore, d'apparence très irrégulière, s'opposant aux pourcentages de plus en plus élevés en calcium, contribuent à diminuer progressivement la différence constatée à la naissance entre les rapports obtenus pour ce tissu. Ces rapports se rapprochent peu à peu et tendent à se confondre en fin de croissance. Ils sont alors respectivement égaux pour les deux portées à* 1,69 *et à* 1,73.

Dans les autres organes, l'égalité entre les rapports Ca/P déterminés dans les deux portées s'établit dès le premier mois pour *l'estomac* et le *cerveau* et seulement à la fin du second mois pour les *muscles* et pour le *foie*.

Le calcium et le phosphore dans les fémurs. — Rapport Ca/P.

Age des lapins.	Poids des lapins.	Teneurs pour 100g de tissu sec en calcium.	Teneurs pour 100g de tissu sec en phosphore.	Teneurs totales des deux fémurs en calcium.	Teneurs totales des deux fémurs en phosphore.	Rapport Ca/P.
			Portée I.			
0 jour...	68g	8g,974	8g,839	8mg,4	8mg,3	1,01
16 » ...	372	18,933	14,503	193,9	148,5	1,30
30 » ...	760	19,729	12,082	552,3	338,2	1,63
65 » ...	1730	20,973	12,372	1749,0	1031,8	1,69
			Portée II.			
6 » ...	109	15,375	6,929	32,1	14,4	2,22
20 » ...	360	18,849	9,177	199,0	96,9	2,05
34 » ...	825	21,102	10,983	613,4	319,2	1,92
68 » ...	1900	22,714	13,092	1898,7	1094,4	1,73
			Adultes.			
	3500	22,925	10,024	3083,7	1348,0	2,29
	4700	21,773	10,263	3665,2	1727,7	2,12

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide ascorbique (vitamine C) sur la pigmentation du mycélium d'*Aspergillus niger *hypomagnésié et sur le développement de ce champignon.* Note de M. **Jean Lavollay** et Mme **Françoise Laborey**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les poids d'*Aspergillus niger* récoltés sur un liquide nutritif défini sont, à temps de végétation égaux, fonction de la concentration en magnésium du milieu (1).

Lorsque la concentration en magnésium est faible, on note que la surface inférieure du mycélium et le liquide de culture présentent une coloration plus ou moins jaune. Nous avons observé le maximum de pigmentation pour la concentration de $0^{mg},42$ de magnésium pour 100^{cm^3} d'un liquide nutritif composé du mélange salin de Raulin (2) et de 5^g pour 100^{cm^3} de glucose.

Nous avons pensé être en présence d'un pigment respiratoire synthétisé par l'organisme lors d'une carence partielle en magnésium. Les premiers caractères de cette substance, notamment la fluorescence des solutions concentrées, nous ont amenés à la considérer comme appartenant sans doute au groupe des flavines.

Si le pigment est effectivement un transporteur d'hydrogène, il nous a paru intéressant de rechercher l'effet de l'addition au milieu d'un autre corps doué de la même propriété.

L'acide ascorbique ajouté au milieu à la concentration de 4^{mg} pour 100^{cm^3} *supprime presque totalement l'apparition du pigment jaune.* Nous avons constaté qu'il ne s'agit pas d'une décoloration par réduction, mais d'une diminution dans la formation du pigment.

L'addition d'acide ascorbique a en outre pour effet d'augmenter le poids de mycélium obtenu en un temps donné, et ceci quelle que soit la concentration en magnésium. L'augmentation de poids a d'ailleurs été assez variable d'une expérience à l'autre et suivant les concentrations en magnésium.

---

(1) J. Lavollay et Mme F. Laborey, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1686.

(2) Sauf le manganèse et le zinc utilisés aux concentrations indiquées par M. Javillier et le magnésium en quantité variable sous forme de chlorure.

Amélioration de la récolte sèche après 62 heures de culture à l'étuve à 33°, par addition au liquide de 4^mg d'acide ascorbique pour 100^cm³.

Concentration du milieu en magnésium (en mg p. 100$^{cm^3}$)	0,105.	0,22.	0,42.	0,63.	0,84.	1,68.	2,10
Nombre d'expériences	2	6	8	3	7	4	3
Augmentation de poids pour 100 des témoins	30,5	27,1	26	8,6	15,8	15	18,8

En présence d'acide ascorbique, la germination est accélérée; le voile se forme avec plusieurs heures d'avance; la face inférieure du mycélium présente des plis plus fins et plus nombreux que le mycélium normal. A concentration en magnésium égale, la sporulation apparaît plus tôt que chez les témoins.

En résumé, lorsque la teneur en magnésium est insuffisante, l'acide ascorbique inhibe la formation du pigment jaune; en outre, et indépendemment de la concentration en magnésium, l'acide ascorbique accélère la croissance d'Aspergillus et, en un temps donné, augmente la masse de matière vivante formée,

Or, normalement, cet acide ne se trouve ni dans le mycélium, ni dans le liquide de culture, à aucun moment de la végétation sur milieu de Raulin. (Recherche effectuée par l'étude cinétique de la réduction du 2-6-dichlorophénol-indophénol d'après la technique de Meunier) (3). Il ne s'y trouve pas non plus sous sa forme oxydée. (Même technique que précédemment après réduction prolongée par H^2S.)

Nous pensons pouvoir expliquer l'action favorable de l'acide ascorbique (vitamine C) au cours des expériences précitées en le considérant comme un auxiliaire d'un autre transporteur d'hydrogène, normalement présent, et qui serait sans doute la lactoflavine (vitamine B^2).

(3) *Ann. des Fermentations*, 3, 1937, p. 157.

MICROBIOLOGIE. — *Antistreptococciques.* Extrait du Pli cacheté sur *L'activité et la toxicité de corps dérivés de la benzène-sulfamide*, déposé par MM. **Rodolphe L. Mayer** et **Charles Oechslin** le 9 novembre 1936, enregistré sous le n° 11222 et ouvert à la demande des auteurs le 5 juillet 1937.

Action sur la souris saine ou infectée par le Streptocoque hémolytique.

Des recherches antérieures ont démontré que certains corps sulfamidés possèdent une activité antistreptococcique vis-à-vis d'un organisme infecté. Ces corps sulfamidés sont, par exemple, les azoïques sulfamidés, les bases de Schiff sulfamidées et les corps provenant de l'hydrogénation des dernières, les amines sulfamidées. Ces substances, administrées avant l'infection, en préviennent le développement, et données au moment propice, elles guérissent cette infection. Au contraire elles se montrent complètement inactives *in vitro*.

Le fait que ces agents microbicides se montrent inactifs *in vitro* indique que le principe directement actif est formé grâce à la collaboration de l'organisme vivant.

Admettant la possibilité que les amines, introduites dans l'organisme et oxydées dans l'organisme, agissent directement sur les bactéries, nous avons essayé les corps suivants :

p-nitrobenzène-sulfamide;
p-nitrosobenzène-sulfamide;
p-hydroxylaminobenzène-sulfamide;
Azoxybenzène-*p*-*p'*-sulfamide;
Hydrazobenzène-*p*-*p'*-sulfamide;
p-sulfamidobenzène-hydrazine.

En effet, certains de ces corps se sont montrés, par leur activité, très supérieurs même aux corps aminés les plus actifs.

(Suivent des expériences détaillées aboutissant aux conclusions ci-dessous.)

. . . .

La *p*-nitrobenzène-sulfamide est 3 à 4 fois plus toxique que l'amino-benzène-sulfamide, si l'on se base sur la dose minima nocive; elle est environ 15 fois plus toxique si l'on compare les doses mortelles. Mais l'activité est plusieurs fois, au moins 5 fois, plus grande.

Parmi les dérivés intermédiaires entre amino et nitro, le corps le plus

actif est le nitroso; tous les autres (à l'exception du dérivé hydrazo et des dérivés de l'hydrazine qui sont pratiquement inactifs) sont aussi ou presque aussi actifs que la benzylaminobenzène-sulfamide.

Nous ajoutons que, dans l'essai *in vitro*, le dérivé nitro est aussi inactif que les azoïques sulfamidés; l'amino est actif jusqu'à la concentration 1/1500ᵉ au maximum; par contre, le corps *p*-hydroxylaminobenzène-sulfamide tue les streptocoques jusqu'à une dilution de 1/100000ᵉ.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission de la fièvre jaune par un moustique paléarctique répandu dans la région parisienne, l'*Aëdes geniculatus *Oliv.* Note de MM. **Émile Roubaud**, **Jacques Colas-Belcour** et **Georges Jean Stefanopoulo**, présentée par M. Félix Mesnil.

L'*Aëdes* (*Finlaya*) *geniculatus* est un moustique assez étroitement apparenté aux Stégomyies et qui se développe comme elles dans de petites collections d'eau. Ses gîtes larvaires sont exclusivement constitués par les cavités des troncs d'arbres. Répandu en Europe dans les forêts et les bois des régions tempérées froides, il a été aussi, mais exceptionnellement, signalé en Asie-Mineure et en Algérie. L'*Aëdes geniculatus* est parfois rencontré notamment dans la région parisienne, même dans les parcs et jardins des grandes agglomérations. Il pique voracement, pendant la saison chaude, les hommes et les animaux, pénétrant parfois dans les maisons situées au voisinage de ses gîtes.

Sa vaste répartition géographique en Europe rendait nécessaire de rechercher s'il pouvait éventuellement, à l'instar des Stégomyies, jouer un rôle vecteur à l'égard de la fièvre jaune. Nous avons à ce sujet effectué l'expérience suivante :

Le 27 mai, une dizaine de femelles d'*Aëdes geniculatus*, nouvellement écloses de larves récoltées en Normandie et élevées au laboratoire, font un repas infectant sur le singe (*M. rhesus*) n° 750. Huit d'entre elles piquent et se gorgent de sang. Ce singe avait été inoculé le 25 mai avec un virus actif (émulsion fraîche de foie virulent d'un singe jauneux sacrifié à l'agonie). Cette souche de virus, isolée de l'homme depuis une dizaine d'années, était, depuis l'origine, entretenue uniquement sur singe.

La présence du virus dans le sang du singe donneur au moment du repas des moustiques fut contrôlée par inoculation du sang à cinq souris qui,

toutes, moururent de fièvre jaune. Le singe donneur fait une infection grave dont il meurt le 5e jour.

Les huit moustiques ayant piqué ce singe sont conservés à 30-35° et nourris d'eau légèrement sucrée jusqu'au 10 juin. A cette date (14e jour après le repas infectant), trois d'entre eux consentent à piquer et se gorgent sur le singe récepteur n° 754. Le 14 juin (18e jour), quatre autres moustiques piquent le même animal récepteur qui est encore piqué le 17 (21e jour) par les deux derniers moustiques. Cinq jours après les premières piqûres, 48 heures après les secondes, le singe tombe malade. Le 18 juin, sa température s'élève brusquement (40°,5) et le 23 juin l'animal succombe à une fièvre jaune mortelle (foie couleur chamois, présence de *vomito negro* dans l'estomac, lésions histologiques hépatiques typiques : dégénérescence graisseuse, bouleversement des travées, nécrose des cellules, etc.), avec présence du virus confirmée sur la souris.

Le 18 juin (22e jour après le repas infectant), les moustiques restants sont broyés et inoculés à 8 souris qui meurent de fièvre jaune dans les délais habituels.

Ces résultats montrent que l'*Aëdes geniculatus*, au moins dans les conditions expérimentales énoncées, peut constituer un vecteur sévère de fièvre jaune. Ce moustique d'Europe s'ajoute à la liste déjà longue des espèces culicidiennes, jusqu'ici toutes tropicales, reconnues expérimentalement capables de véhiculer la grave affection. Si certaines d'entre elles, comme *Aëdes* (*Stegomyia*) *aegypti* et *Aëdes vittatus* peuvent exceptionnellement se rencontrer dans l'Europe méridionale, l'*Aëdes geniculatus* représente, lui, le premier moustique d'habitat franchement paléarctique chez lequel un semblable pouvoir pathogène a pu être mis en évidence.

La séance est levée à 15h20m.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 28 juin 1937.)

Note de M. *A. Lacroix*, Sur un nouveau type basaltique, forme d'épanchement d'une norite et comparable, au point de vue chimicominéralogique, aux météorites feldspathiques :

Page 1912, ligne 6, en remontant, *au lieu de* [p.1.1.(2)3], *lire* [1.1.1.(2)3].

En note : ligne 1, en remontant, *au lieu de* hyperothène, *lire* hypersthène;

ligne 3, en remontant, *au lieu de* 2 roches sont donc à rapprocher des galbros, *lire* 2, ces roches sont donc à rapprocher des gabbros.

(Séance du 21 juin 1937.)

Note de MM. *Maurice Favrelle* et *Georges de Vichet*, Résultats de la fécondation par un mâle d'Algérie, de femelles parthénogénétiques françaises du *Bacillus rosii* Rossi (Plasmidæ) :

Page 1900, ligne 19, *au lieu de* 38 chromosomes, *lire* 36 chromosomes.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUILLET 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Ruiz Wilches**, Directeur de l'Institut géographique de Colombie, qui assiste à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de l'aldéhyde cinnamique et du citronellal.* Note de MM. **Marcel Delépine** et **Charles Hanegraaff**.

L'hydrogénation de ces deux aldéhydes fut entreprise pour voir dans quel ordre la fixation de l'hydrogène s'effectuerait sous l'influence du nickel (Raney). Dans l'un (I), la fonction éthylénique est en 2.3, dans l'autre (II), en 7.8.

I. $C^6H^5.CH:CH.CHO$; II. $CH^2:C(CH^3).CH^2.CH^2.CH^2.CH(CH^3).CH^2.CHO$.
Ald. cinnamique. Citronellol.

On a souvent signalé des hydrogénations sélectives lorsque deux fonctions différentes existent dans une molécule. L'ordre serait-il le même pour les deux aldéhydes précités, en cas de sélectivité?

Pour aborder aisément le problème sans avoir à séparer tous les corps possibles, il fallait savoir doser, tout au moins très approximativement, la double liaison et la fonction aldéhyde des corps utilisés ou de ceux qui en dérivent. On y arrive par la mesure de l'indice d'iode pour la double liaison et le titrage au chlorhydrate d'hydroxylanime pour la fonction aldéhydique.

Nous résumons nos recherches dont le détail sera donné ailleurs.

Nous avons d'abord hydrogéné chacun des deux aldéhydes à fond, au

moyen du nickel Raney, selon la technique décrite par Delépine et Horeau, en présence de soude ou non, en platinant le nickel ou non, en prenant $0^{mol},2$ d'aldéhyde avec 9^g de Ni (venant de 30^g d'alliage Al-Ni à 30 pour 100 de Ni) en 100^{cm^3} d'alcool. Les doses d'hydrogène fixées sont exprimées en molécules par molécule d'aldéhyde. Après les expériences, la solution résultante était titrée au point de vue double liaison et aldéhyde, puis les produits de l'hydrogénation étaient distillés dans le vide et titrés à nouveau; en général, il y avait très bonne concordance. Nous ne donnerons donc que la composition du liquide distillé.

		Catalyseur.	Soude 10 N.	H^2 fixé.	Durée.	Double liaison.	Aldéhyde.
			cm³	m	h		
Aldéhyde cinnamique.	1.	Ni seul......	0	1,94	8	0	0
»	2.	Ni + $0^g,2$ Pt..	0	1,96	4	0	1 %
»	3.	Ni + $0^g,2$ Pt..	0,3	1,96	2	1	0
Citronellal.	4.	Ni seul......	0,7	1,78	5.15	10 %	0
»	4bis.	Ni seul......	0	–	1.30	0,4	0
»	5.	Ni + $0^g,2$ Pt..	0,3	1,90	12	0,6	0

Ce tableau nécessite quelques explications complémentaires, car la marche des opérations diffère pour chaque aldéhyde, comme on le verra plus bas. Dans le cas de l'aldéhyde cinnamique, on ne peut ajouter de soude que lorsque 70 pour 100 de l'hydrogène sont fixés, ce qui ne demande pas même une heure; sinon, en la mettant au début on provoque des condensations telles qu'on ne sort à peu près rien de l'opération. Mais, à un stade suffisamment avancé, l'addition de soude abrège la réaction, puisqu'il ne faut plus dans l'expérience 3 qu'une heure de plus pour la mener à sa fin, alors que sans soude dans l'expérience 2, il faut trois autres heures. Le platinage a une influence utile. On arrive bien à l'alcool phényl-3-propylique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2OH$, avec d'excellentes caractéristiques.

Pour le citronellal, étant partis d'un liquide ayant $[\alpha]_D = 11°,9$ nous sommes arrivés au dihydrocitronellol ayant aussi les caractères connus, notamment $[\alpha]_D = 2°,3$ à $2°,6$ suivant les expériences. Ici, l'addition de soude ne semble pas avoir une grande influence sur le temps de l'hydrogénation totale, parce que c'est la fonction éthylénique qui se sature en dernier lieu et qu'elle est peu influencée par cette addition. L'expérience 4bis a consisté à reprendre le liquide de l'expérience 4 pour l'hydrogéner à fond avec un nouveau catalyseur. Le platinage n'a pas eu d'influence.

Pour suivre mieux l'hydrogénation, on a procédé à des hydrogénations

partielles, c'est-à-dire en offrant bien moins de 2^{mol} d'hydrogène. Voici les résultats :

		Catalyseur.	Soude 10 N.	H^2 fixé.	Durée.	Double liaison.	Aldéhyde.
				m	min	%	%
Aldéhyde cinnamique.	6.	Ni seul........	o	0,94	17	22	77
»	7.	Ni seul........	o	0,90	19	23	79
»	8.	Ni seul........	o	1,32	33	8	54
Citronellal.	9.	Ni seul........	o	1,10	100	78	3
»	10.	Ni seul........	0,5	1,10	44	72	o
»	11.	Ni + $0^g,2$ Pt...	o	1,12	106	70	o
»	12.	Ni + $0^g,2$ Pt...	0,3	0,96	38	80	o
»	13.	Ni seul........	o	0,66	27	″	15

On voit que, tandis que l'aldéhyde cinnamique perd simultanément sa double liaison et sa fonction aldéhydique, mais plus vite la première que la seconde, avec le citronellal c'est la fonction aldéhydique qui commence par disparaître, la double liaison ne vient qu'ensuite; on voit aussi que la première molécule d'hydrogène se fixe très vite. Dans le cas du citronellal, où l'emploi de la soude est possible, on en constate les effets accélérateurs indubitables, aussi bien avec que sans platine, celui-ci ne jouant d'ailleurs pas de rôle sensible.

Quelques effets secondaires, tels que la production d'alcool cinnamique dans le premier cas, la formation d'acide citronellique dans le second, par suite de la réaction de Cannizzaro, viennent naturellement empêcher des calculs sur la composition exacte des mélanges existant après l'hydrogénation et compliquer l'extraction directe des corps intermédiaires par de simples rectifications. On arrive cependant à en avoir quelques-uns.

Si l'on prend les produits provenant de l'hydrogénation partielle de l'aldéhyde cinnamique qui titrent environ 80 pour 100 d'aldéhyde et 20 pour 100 de double liaison, on peut former la combinaison bisulfitique de l'ensemble; en opérant à chaud au bain-marie, l'aldéhyde cinnamique passe à l'état de dérivé disulfoné $C^6H^5.CH(SO^3Na).CH^2.CH(OH)(SO^3Na)$ qui ne régénère plus l'aldéhyde, tandis que la combinaison de l'aldéhyde phénylpropionique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CHO$ permet de récupérer ce dernier. On a ainsi un liquide incolore à odeur jasminée, Eb_{14}, 100-101°, titrant 97 pour 100 d'aldéhyde et donnant la semi-carbazone connue fondant à 127°. Cet aldéhyde se trimérise en l'espace de quelques semaines en belles aiguilles incolores fusibles à 64°.

Si l'on veut séparer le constituant à double liaison provenant du citronellal, soit le citronellol, on ne peut se servir de bisulfite qui se combine

à l'un et à l'autre. On s'est adressé à une transformation peu avancée (exp. 13); on a transformé le citronellal restant en oxime peu volatile et rectifié dans le vide. Le citronellol passe à 105° sous 14^{mm}, avec $[\alpha]_D = 2°,5$, un indice de double liaison de 101,8 et les autres caractéristiques connues pour ce corps.

En résumé, avec l'aldéhyde cinnamique la fonction éthylénique s'hydrogène surtout au début, tandis qu'avec le citronellal, c'est la fonction aldéhydique qui est touchée d'abord presque seule; mais en insistant, on arrive aux corps saturés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de la synthèse de la cyanamide dans l'oxydation du glucose en présence d'ammoniaque.* Note (1) de MM. **Richard Fosse** et **Roger de Larambergue**.

L'oxydation permanganique, en milieu ammoniacal, du formol (2), du glucose (3) et de plusieurs sucres (4) permet de réaliser la synthèse de la cyanamide. Mais, tandis que les produits de l'oxydation permanganique du formol produisent de la cyanamide d'argent, ceux du glucose n'en donnent point directement.

Cependant ce sel jaune spécifique de la cyanamide apparaît, si l'on chauffe ou abandonne à la température ordinaire le précipité obtenu en traitant la liqueur d'oxydation permanganique ammoniacale du glucose par l'oxyde d'argent (volumes égaux de liqueurs titrées de NO^3Ag et de KOH).

1. Formation de la cyanamide aux dépens du précipité argentique produit par la liqueur d'oxydation permanganique ammoniacale du glucose. — *Milieu d'oxydation :* glucose (10^g), ammoniaque concentrée (40$^{cm^3}$), eau pour 200$^{cm^3}$, MnO^4K (40^g) (3) et (4).

Préparation du précipité argentique. — A la liqueur d'oxydation (20$^{cm^3}$) ajouter des solutions titrées $2n$ de nitrate d'argent (10$^{cm^3}$), puis de potasse (10$^{cm^3}$), centrifuger et laver trois fois à l'eau le dépôt, correspondant à 1^g de glucose.

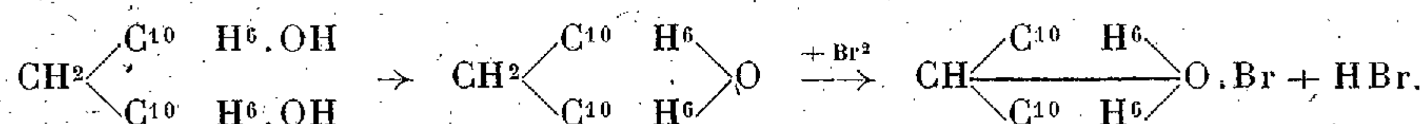
(1) Séance du 12 juillet 1937.
(2) R. Fosse et P. de Graeve, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 799.
(3) R. Fosse et R. de Larambergue, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1285.
(4) R. de Larambergue, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1431.

Dosage de la cyanamide. Première méthode. — Triturer le dépôt refroidi avec NO^3H, à 36°, dilué à 1/5e, épuiser une seconde fois avec le même acide à froid, alcaliniser les liqueurs acides par NH^3 concentrée, au-dessous de + 5°; centrifuger, laver à l'alcool et à l'éther; sécher, chauffer le résidu jaunâtre, 30 minutes à 60°, avec NO^3H à 36° (0$^{cm^3}$, 5); alcaliniser par de l'ammoniaque concentrée; ajouter de l'eau (2$^{cm^3}$), de l'acide acétique (6$^{cm^3}$), filtrer dans une éprouvette graduée et verser dans la liqueur 1/20e de son volume de xanthydrol méthylique à 1/10e.

Deuxième méthode. — Broyer le précipité argentique avec HCl concentré, étendu de son volume d'eau (2$^{cm^3}$), maintenir 30 minutes dans un bain d'eau à 60°, alcaliniser par de la soude concentrée; ajouter de l'acide acétique (6$^{cm^3}$), et opérer comme ci-dessus.

Age du précipité.	Xanthylurée pour 1g glucose.	Cyanamide pour 100g glucose.	Rapport : cyanamide formée à cyanamide au temps zéro.
	à la température ordinaire.		
Heures.	mg	g	
0	27	0,27	»
48	68,5	0,685	2,53
76	78	0,78	2,88
	au bain à 60°.		
0	21	0,21	
3.30	87	0,87	4,14
6	100,5	1	4,78
8	105	1,05	5

2. Identification du formol et de l'ammoniaque dans le précipité argentique producteur de cyanamide. — Le produit de l'action de l'acide chlorhydrique concentré, dilué à 1/10, sur le précipité argentique, possède toutes les réactions caractéristiques du formol. Chauffé à l'ébullition, au reflux, avec 2 millièmes de naphtol B, il engendre un précipité volumineux, floconneux, formé de longues et fines aiguilles enchevêtrées de dinaphtolméthane. L'identification de quantités extrêmement faibles de ce corps et, par conséquent, de formol, s'obtient aisément en transformant le dinaphtolméthane en dinaphtopyrane et celui-ci en sel de dinaphtopyryle [5] :



$$CH^2\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6.OH\\C^{10}H^6.OH\end{matrix}\right. \rightarrow CH^2\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{matrix}\right\rangle O \xrightarrow{+Br^2} CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{matrix}\right\rangle O.Br + HBr.$$

(5) R. Fosse, P. de Graeve et P.-E. Thomas, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1450; 201, 1935, p. 105.

L'ammoniaque a été identifiée à l'état de chloro-platinate, en traitant par $PtCl^4$, le produit de l'action de l'acide chlorhydrique, dilué, glacé sur le précipité argentique, soigneusement lavé.

3. Diminution, sous l'influence du temps, de la quantité de formol libérable par le précipité argentique. — Ce complexe, de formule inconnue, dans lequel nous avons reconnu formol, ammoniac et argent, manifeste deux phénomènes chimiques inverses. L'un concerne, ainsi que l'on a vu, la formation de cyanamide croissant avec le temps jusqu'à une certaine limite; l'autre, au contraire, comme nous le démontrons, la destruction du formol, la diminution de sa quantité libérable par hydrolyse.

Age du précipité.	Dinaphtolméthane pour 1g glucose.	Formol formé pour 100g glucose.	Formol détruit pour 100g formol au temps zéro.
	à la température du laboratoire.		
Heures.	mg	g	
0	35,25	0,35	
76	13,75	0,137	60,08
	à la température de 60°.		
0	41,3	0,41	
6	14,3	0,14	65,8

4. Production simultanée de formol et d'urée par le complexe argentique. — Broyer le précipité d'argent lavé, produit par 20^{cm^3} de liqueur d'oxydation, avec HCl dilué, d'abord à 1/5 (10^{cm^3}), puis à 1/10, de manière à obtenir un volume de 25^{cm^3}, que l'on chauffe, 15 minutes, à l'ébullition au reflux avec 2/1000e de naphtol B. Après avoir recueilli le dinaphtolméthane, refroidir les eaux mères, séparer le naphtol par filtration et doser l'urée par le xanthydrol sur une partie aliquote du volume :

Dinaphtolméthane pour 10^{cm^3} du filtrat......................	$36^{mg},6$
Formol produit par précipité arg. corresp. à 100^g glucose	$0^g,366$
Xanthylurée pour 10/25 de la sol. chlorhydrique	14^{mg}
Urée formée par préc. argent. corresp. à 100^g glucose........	$0^g,5$

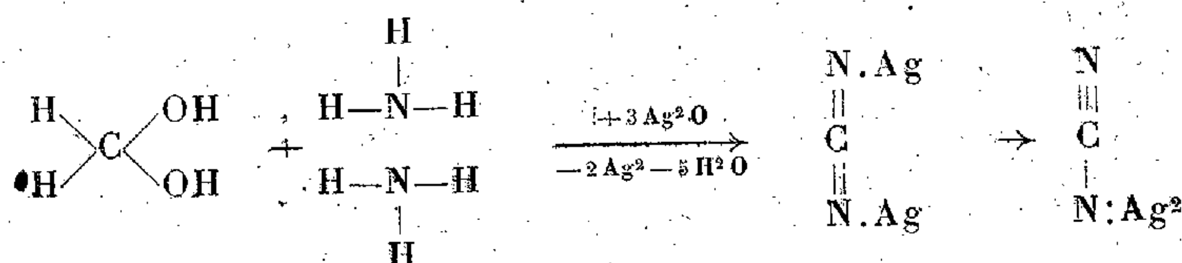
Conclusions. — Dans l'état actuel de nos recherches, nous constatons que la formation de cyanamide par l'action du permanganate de potassium, puis de l'oxyde d'argent sur le glucose et l'ammoniac comporte, au moins, trois étapes :

1° formation de formol par l'action du permanganate sur le glucose;

2° précipitation d'un complexe peu soluble, contenant : formol, ammoniac et argent;

3° transformation de ce terme intermédiaire en cyanamide, par oxydation, grâce à l'oxyde d'argent qui se trouve réduit à l'état de métal.

L'obtention de cyanamide en partant du glucose et de l'ammoniac paraît donc se ramener, dans les limites de nos expériences, partiellement ou en totalité, à la curieuse synthèse de la cyanamide, non encore réalisée, par l'action de l'oxyde d'argent sur le formol et l'ammoniac,



PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Affinités chimiques et classification chez les Hordéées.* Note de MM. **Henri Colin** et **Henri Belval.**

Triticum, *Agropyrum*, *Secale*, *Hordeum*, *Elymus*, autant de genres qui se suivent de près dans la classification et ont fait l'objet de recherches de toutes sortes, morphologiques, cytologiques, génétiques, physiologiques etc., en vue de mettre en évidence leurs affinités réciproques. La composition chimique des quatre premiers est assez bien connue après les travaux de Tanret, Colin, Belval, de Cugnac, surtout pour ce qui est des glucides. Tous renferment un holoside à base de fructose, non seulement dans les grains, surtout à l'état jeune, mais dans le chaume et dans les organes pérennants, bulbes ou rhizomes, chez les espèces vivaces : la *lévosine* dans les céréales, Blé, Seigle, Orge, à l'exception de l'Orge bulbeuse dont le fructoside est tout autre, la *triticine* dans les Chiendents.

Les *Elymus* n'avaient pas encore été examinés de ce point de vue. Nous venons de combler cette lacune. Il s'agit bien de plantes *lévulifères*, comme toutes celles de ce groupe. L'espèce qui nous a servi de préférence est celle qui croît sur certains points du littoral du Cotentin et que l'on désigne sous le nom d'*Elymus arenarius*. C'est la partie inférieure, incolore et succulente, de la tige qui convient le mieux à la préparation du fructoside, après enlèvement des gaines foliaires; les rhizomes sont moins riches mais encore très propices. Voici quelle est, au début de septembre, au

moment le plus favorable, la composition glucidique de ces régions et celle des grains (T, R, S, F, sucre total, réducteur, saccharose, fructoside, pour 100 du frais, $[\alpha_1]_D$, $[\alpha_2]_D$ pouvoirs rotatoires du stock glucidique, avant et après hydrolyse) :

*Glucides d'*Elymus arenarius.

	$[\alpha_1]_D$.	$[\alpha_2]_D$.	T.	R.	S.	F.
Rhizomes	—40	—72	9,58	0,92	0,36	8,30
Base des tiges..........	—37	—73	13,25	1,27	0,51	11,47
Grains................	— 9	—37	1,11	0,39	0,30	0,41

Les *Elymus* cultivés au Muséum, *giganteus*, *junceus*, *sabulosus*, tous vivaces, ont une composition analogue à celle-là; l'espèce annuelle, *E. curvatus*, n'en diffère que par l'importance moindre de la réserve hydrocarbonée.

Le fructoside d'*Elymus arenarius* a été préparé de la façon suivante : épuisement à l'eau ou à l'alcool, défécation à l'extrait de Saturne, précipitation par addition, à froid, de baryte cristallisée. Le complexe barytique se forme aussitôt et se laisse aisément laver, essorer et décomposer. De la liqueur concentrée l'alcool précipite le glucide en une masse blanche et glaireuse qu'on ne peut dessécher qu'avec précaution en chauffant progressivement sous vide sec. On purifie par un nouveau passage à la baryte et par dialyse. Nous avons ainsi abaissé les cendres à 0,1 pour 100 et le pouvoir réducteur, spécifique ou accidentel, à 1,2 pour 100.

Le produit présente les propriétés que voici : blanc, amorphe, insipide, légèrement hygroscopique, lévogyre, $[\alpha]_D = -43°$; insoluble dans l'alcool fort, soluble à froid (20°) dans l'eau, 70^g dans 100^g, et dans l'alcool à 60°, 18^g dans 100^g; charbonnant au-dessus de 170°, sans point de fusion marqué; non réducteur, le devenant par hydrolyse, sans augmentation de poids, le pouvoir rotatoire tombant alors à —82° (pouvoir par réduction); facilement hydrolysé par les acides étendus, beaucoup moins par les préparations de levures, sources habituelles de fructosidase. Le poids moléculaire a été évalué, par cryoscopie, à 1426, sans correction aucune. La présence d'un peu de glucose, de 5 à 6 pour 100, dans les produits d'hydrolyse, ne fait aucun doute, on a obtenu aisément, à l'état cristallisé, le méthylglucoside β par action de l'émulsine.

Le fructoside d'*Elymus* est certainement autre chose que la lévosine des céréales, Blé, Seigle, Orge, par son aspect, sa consistance à l'état hydraté, l'insolubilité de son complexe barytique, ses pouvoirs rotatoires avant et

après saccharification, la teneur en glucose de l'hydrolysat. Par ces deux derniers points, aussi bien que par son hydrolyse sous l'action des autolysats de levure, il diffère également de la triticine. Mais il se rapproche beaucoup de l'oside lévogyre de l'Orge bulbeuse, si même il ne lui est pas identique. On a groupé ci-dessous l'essentiel de ces comparaisons; les fructosides sont désignés sous les noms de lévoside, triticoside, hordéoside, élymoside :

	$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.	Teneur en glucose (pour 100).	Hydrolyse diastasique.	Solubilité du complexe barytique.
Lévoside..........	—36	—76	10	+	soluble
Triticoside........	—49	—90	2	très difficile	insoluble
Hordéoside........	—43	—83	5	+	insoluble
Elymoside........	—43	—83	5	+	insoluble

Par leur composition glucidique les *Elymus*, souvent appelés *Hordeum*, se séparent des Orges à peu près comme les Chiendents des Blés. Une espèce d'Orge est à excepter, *Hordeum bulbosum*, vivace, à 28 chromosones au lieu de 14, qui ne se croise pas avec les sortes cultivées, et dont le fructoside ressemble à s'y méprendre à celui des *Elymus*.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de la gravité en Europe et dans les États du Levant.* Note (¹) de M. **Pierre Lejay.**

1. Avant de partir pour la Syrie, nous avons fait une série de mesures pour vérifier l'étalonnage du gravimètre n° 42. Le tableau suivant donne les valeurs g conclues, en conservant l'ancienne courbe d'étalonnage (²), et les valeurs g_1 adoptées précédemment par nous ou d'autres observateurs :

Stations.	g. gals	g_1. gals	$g-g_1$. milligals
Paris (Breteuil)..........	980,940	980,941	— 1
Pic du Midi (Obs.)........	979,750	979,748	+ 2
Genève (Obs.)............	980,588	980,589	— 1
Besançon (Obs.)...........	980,754	980,752	+ 2
Paris (Breteuil)..........	980,942	980,941	+ 1
Oxford (Obs.).............	981,209	981,207	+ 2
Edinburgh (Obs.)..........	981,576	981,578	— 2
Paris (Breteuil)..........	980,941	980,941	0

(¹) Séance du 10 mai 1937.

(²) *Exploration gravimétrique de l'Extrême-Orient,* 1936, p. 11 (Comité national français de Géodésie et Géophysique, Paris).

TABLEAU DES OBSERVATIONS.

Stations.	Latitude.	Longitude.	Altitude.	δ.	Obs.	Date 1936.	g (P. 42).	g (P. 622).	g adopté.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g''_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g''_0-\gamma'_0$.	$g_0-\gamma'_0$.	Δ_{42}.	Δ_{622}.
	° ′	° ′	m				g	g	g	g	g	g	mg	mg	g	mg	mg	mg	mg
Athènes	37.58,3	23.43	107	2,6	L.	31 oct.	980,047	980,049	980,048	980,081	980,069	979,986	83	95	980,002	67	79	−1	+1
Istamboul	41. 1	28.56	35	2,6	»	—	980,316	980,316	980,316	980,327	980,323	980,257	66	70	980,271	52	56	0	0
Alexandrette	36.35	36.11	4	2,5	»	5 nov.	979,857	979,856	979,856	979,857	979,857	979,865	−8	−8	979,881	−24	−24	+1	0
Beyrouth	33.53	35.30	55	2,6	»	7 »	979,690	979,690	**979,690**	979,707	979,701	979,636	65	71	979,652	49	55	0	0
Ksara	33.50	35.52	910	2,6	»	—	979,428	979,426	**979,426**	979,707	979,604	979,631	−27	76	979,647	−43	60	+2	0
Djdeidé	33.39	35.58	1245	2,7	»	10 »	979,374	979,363	979,368	979,752	979,606	979,616	−10	136	979,632	−26	120	+6	−5
Damas	33.30	36.18	670	2,6	»	11 »	979,432	979,427	979,430	979,637	979,561	979,604	−43	33	979,620	−59	17	+2	−3
Abou-Chamate	33.39	36.53	729	2,6	»	12 »	–	979,439	979,439	979,664	979,582	979,616	−34	48	979,632	−50	32	–	–
Saba-Biar	33.46	37.42	820	2,6	»	13 »	979,432	979,428	979,430	979,683	979,591	979,626	−35	57	979,642	−51	41	+2	−2
Djebel-Tenf	33.29	38.40	708	2,5	»	13 »	–	979,410	979,410	979,628	979,552	979,602	−50	26	979,618	−66	10	–	–
Bir-el-Herba	34. 4	38.27	570	2,5	»	13 »	–	979,490	979,490	979,666	979,604	979,651	−47	15	979,667	−63	−1	–	–
Djebel-el-Merra	34.52	38.12	1140	2,6	»	14 »	979,491	–	979,491	979,843	979,714	979,718	−4	125	979,734	−20	109	–	–
Palmyre	34.32	38.17	418	2,6	»	15 »	979,587	–	979,587	979,716	979,669	979,690	−21	26	979,706	−37	10	–	–
T_3	34.30	38.45	410	2,5	»	15 »	979,576	–	979,576	979,703	979,658	979,687	−29	16	979,703	−45	0	–	–
T_2	34.22	40. 9	401	2,5	»	16 »	979,603	–	979,603	979,727	979,683	979,676	7	51	979,692	−9	35	–	–
Abou-Kémal	34.27	40.55	174	2,5	»	17 »	979,653	–	979,653	979,707	979,688	979,683	5	24	979,699	−11	8	–	–
Deir-ez-Zor	35.20	40. 9	214	2,5	»	18 »	979,720	–	979,720	979,786	979,763	979,758	5	28	979,774	−11	12	–	–
T_2	34.22	40. 9	401	2,5	»	18 »	979,597	–	979,597	979,721	979,677	979,676	1	45	979,692	−15	29	–	–
Deir-ez-Zor	35.20	40. 9	214	2,5	»	19 »	979,723	–	979,723	979,789	979,766	979,758	8	31	979,774	−8	15	–	–
Hassetche	36.29	40.45	315	2,6	»	19 »	979,794	–	979,794	979,891	979,857	979,856	1	35	979,872	−15	19	–	–
Tell-Allo	36.54	41.47	425	2,6	»	20 »	979,779	–	979,779	979,910	979,862	979,893	−31	17	979,908	−46	2	–	–
Ain-Divar	37.16	42.12	450	2,6	»	21 »	979,756	–	979,756	979,895	979,844	979,925	−81	−30	979,940	−96	−45	–	–
Kaméchlié	37. 3	41.13	465	2,6	»	22 »	979,782	–	979,782	979,926	979,873	979,906	−33	20	979,921	−48	5	–	–
Ras-el-Aïn	36.50	40. 4	355	2,6	»	23 »	979,799	–	979,799	979,909	979,869	979,887	−18	22	979,902	−33	7	–	–
Tell-Abiad	36.42	38.58	349	2,5	»	24 »	979,786	–	979,786	979,894	979,856	979,876	−20	18	979,891	−35	3	–	–
Rakka	35.57	39. 1	252	2,5	»	25 »	979,764	–	979,764	979,842	979,815	979,811	4	31	979,826	−11	16	–	–
Meskènè	36. 1	38. 5	300	2,6	»	25 »	979,750	–	979,750	979,843	979,809	979,817	−8	26	979,832	−23	11	–	–
Alep	36.12	37.10	380	2,6	»	26 »	979,761	–	979,761	979,878	979,836	979,832	4	46	979,848	−12	30	–	–
Antioche	36.12	36.10	82	2,5	»	26 »	979,840	–	979,840	979,865	979,856	979,832	24	33	979,848	8	17	–	–
El-Ourdou	35.53	36. 4	401	2,6	»	27 »	979,745	–	979,745	979,869	979,824	979,805	19	64	979,821	3	48	–	–
Lattaquié	35.31	35.47	6	2,5	»	27 »	979,773	–	979,773	979,775	979,774	979,774	0	1	979,789	−15	−14	–	–
Tripoli	34.26	35.50	7	2,5	»	27 »	979,704	979,706	979,705	979,707	979,706	979,682	24	25	979,698	8	9	−1	+1
Becharré	34.15	36. 1	1395	2,7	»	28 »	979,410	979,415	979,412	979,842	979,679	979,666	13	176	979,682	−3	160	−2	+3
Beyrouth	33.53	35.30	55	2,6	»	29 »	979,690	979,690	**979,690**	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0
Beyrouth	–	–	–	–	»	1 déc.	–	979,690	**979,690**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0
Dahr-el-Baidar	33.49	35.47	1505	2,6	»	1 »	979,357	979,359	979,358	979,823	979,653	979,630	23	193	979,646	7	177	−1	+1
Baalbek	34. 0	36.12	1130	2,6	»	1 »	979,403	979,404	979,403	979,751	979,624	979,646	−22	105	979,661	−37	90	0	+1
Ksara	33.50	35.52	910	2,6	»	2 »	979,428	979,430	**979,426**	–	–	–	–	–	–	–	–	+2	+4
Ksara	–	–	–	–	»	2 »	979,426	979,426	**979,426**	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0
Nebek	34. 1	36.44	1920	2,6	»	3 »	979,348	–	979,348	979,746	979,601	979,647	−46	99	979,663	−62	83	–	–
Homs	34.43	36.43	507	2,5	»	3 »	979,579	979,578	979,578	979,734	979,679	979,706	−27	28	979,722	−43	12	+1	0
Hama	35. 8	36.45	310	2,5	»	3 »	979,697	979,694	979,695	979,791	979,757	979,741	16	50	979,757	0	34	+2	−1
Massiaf	35. 4	36.20	485	2,5	»	3 »	979,676	979,676	979,676	979,826	979,773	979,736	37	90	979,751	22	75	0	0
Maaret	35.39	36.39	570	2,5	»	4 »	979,694	979,693	979,693	979,869	979,807	979,784	23	85	979,801	6	68	+1	0
Idlib	35.56	36.37	445	2,6	»	4 »	979,737	979,732	979,735	979,872	979,822	979,809	13	63	979,825	−3	47	+2	−3
Djisr-ech-Choghour	35.48	36.18	131	2,6	»	4 »	979,781	–	979,781	979,821	979,807	979,798	9	23	979,814	−7	7	–	–
Tartous	34.54	35.53	6	2,5	»	5 »	979,773	979,774	979,774	979,776	979,775	979,721	54	55	979,737	38	39	−1	0
Krack des Chevaliers	34.47	36.18	650	2,6	»	6 »	–	979,605	979,605	979,805	979,732	979,711	21	94	979,727	5	78	–	–
Beyrouth	33.53	35.30	55	2,6	»	6 »	979,685	979,685	**979,690**	–	–	–	–	–	–	–	–	−5	−5
Djezzine	33.33	35.35	945	2,6	»	6 »	979,444	979,441	979,442	979,733	979,627	979,608	19	125	979,624	3	109	+2	−1
Tyr	33.15	35.12	4	2,5	»	7 »	979,643	979,643	979,643	979,644	979,644	979,583	61	61	979,599	45	45	0	0
Tibériade	32.47	35.32	−200	2,6	»	7 »	979,604	979,605	979,604	979,542	979,565	979,544	21	−2	979,561	4	−19	0	+1
Jérusalem	31.50	35.11	775	2,6	»	8 »	979,332	979,334	979,333	979,572	979,485	979,467	18	105	979,483	2	89	−1	+1
Nazareth	32.42	35.18	350	2,6	»	8 »	979,514	979,516	979,515	979,623	979,584	979,538	46	85	979,554	30	69	−1	+1
Ezraa	32.51	36.15	574	2,6	»	9 »	979,419	979,422	979,421	979,598	979,533	979,550	−17	48	979,566	−33	32	−2	+1
Soueida	32.42	36.34	1070	2,6	»	9 »	979,301	979,301	979,301	979,631	979,511	979,538	−27	93	979,554	−43	77	0	0
Quouneitra	33. 7	35.49	945	2,6	»	10 »	–	979,393	979,393	979,684	979,578	979,572	6	112	979,588	−10	96	–	–
Beyrouth	33.53	35.30	55	2,6	»	12 »	979,688	979,688	**979,690**	–	–	–	–	–	–	–	–	−2	−2
Alexandrie	31.11	29.54	15	2,5	»	15 »	979,434	979,432	979,433	979,438	979,436	979,415	21	23	979,431	5	7	+1	−1
Helwan	29.51,5	31.20	115	2,5	»	16 »	979,292	979,293	**979,293**	979,328	979,316	979,310	6	18	979,327	−11	1	−3	−2
Port-Saïd	31.15	32.18,4	1	2,2	»	17 »	(979,442)	(979,444)	**979,451**	–	–	–	–	–	–	–	–	−9	−7
Djibouti	11.36	43. 9	4	2,2	»	20 »	978,255	–	**978,255**	–	–	–	–	–	–	–	–	0	–
Colombo	6.56	79.49,4	7	2,4	»	27 »	978,137	978,137	**978,135**	–	–	–	–	–	–	–	–	+2	+2
						Date 1937.													
Singapore	1.18,3	103.49,8	17	2,5	»	1 janv.	978,084	978,085	**978,085**	–	–	–	–	–	–	–	–	−1	0
Hong-Kong	22.18,1	114.10,3	33	2,6	»	10 »	(978,777)	–	**978,767**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	»	15 »	979,432	979,436	**979,436**	–	–	–	–	–	–	–	–	−4	0

Au cours de notre campagne, nous avons établi une base à l'Observatoire de Ksara. La valeur trouvée par le pendule 42, $g = 979,428$ gals, à deux reprises différentes, est en assez bon accord avec la valeur déterminée en 1923 par le Capitaine Govin : $g = 979,424$ gals, $\pm 0,005$.

Après la campagne, nous avons fait des mesures dans des stations déjà occupées. Les résultats s'accordent généralement bien avec les résultats antérieurs (voir tableau).

2. M. Holweck nous remit, la veille de notre départ, un nouvel instrument, n° 622, non étalonné. Faisant l'hypothèse qu'il n'avait pas varié entre Paris et Ksara, nous avons construit, en prenant ces stations pour bases, une courbe d'étalonnage. L'accord de presque toute les mesures faites avec les deux pendules montre que notre hypothèse était justifiée.

Malheureusement, le pendule se remplit d'air. Renvoyé à Paris, réparé par M. Holweck, il fut reétalonné sur la base Ksara-Singapore. Les valeurs obtenues avec le 622 *bis* dans ces conditions s'accordent bien avec celles que donne le 42 : à Helwan, il donne $g = 979,293$ gals; le 42, 979,292; les géodésiens anglais, 979,295. L'écart moyen entre les valeurs données par les deux instruments est de l'ordre du milligal. Il ne dépasse 3 milligals que dans les quelques stations où nous avons travaillé sur de très mauvais piliers ou en plein air.

Dans le tableau ci-dessus, nous conservons les notations internationales; dans la colonne g adopté, nous mettons les valeurs admises aux stations de base en caractères gras; les deux dernières colonnes donnent la différence, en milligals, entre la valeur donnée par chaque pendule et la valeur adoptée; ces nombres donnent une idée de la précision des mesures.

GÉOLOGIE. — *Les phénomènes anciens de rubéfaction dans le Sahara central.* Note de M. **Jacques de Lapparent**.

Lorsque, venant du nord du Sahara, voyageant vers le Hoggar, on atteint, après avoir passé la ceinture tassilienne, le haut pays granito-gneissique, on est frappé par le contraste des couleurs que présentent les plateaux, actuellement travaillés par l'érosion éolienne, à teinte générale grise, et les hauteurs montagneuses qui les dominent dont les sommets sont rougeâtres. Au Hoggar même, des surfaces rouges se voient avec netteté; nous les avons étudiées de près.

Sous les épanchements volcaniques qui dominent Tamanrasset d'un

niveau élevé (Hadriane), un horizon de rubéfaction s'est formé aux dépens de la roche granito-gneissique. Pétrographiquement, la rubéfaction ne consiste en rien d'autre qu'en la production d'oxydes de fer dont la matière originelle s'est insinuée entre les cristaux de quartz, de feldspaths et de mica; ces derniers étant eux-mêmes plus ou moins rubéfiés dans leur masse. Mais les matériaux désagrégés de la roche rubéfiée contiennent des frustules de diatomées.

Les traces d'une désagrégation rougeâtre analogue (roche rubéfiée avec diatomées) se rencontrent sporadiquement vers le fond de la vallée. Celui-ci est partiellement occupé, sous le sable, par des *tins* rouges ou gris, produits de désagrégation des mêmes roches granito-gneissiques, peu ou pas rubéfiées, de caractère légèrement argileux et qui sont exploités par les indigènes comme liant et enduit des pierres utilisées pour la construction.

D'autre part, sous les laves basaltiques situées à l'ouest de Tamanrasset, et qui proviennent d'appareils volcaniques démantelés mais à relief reconnaissable, on trouve des alluvions sableuses rouges qui contiennent encore des diatomées. Leur niveau, inférieur à celui de la base des hautes coulées volcaniques, surmonte d'une trentaine de mètres le fond de la vallée. Ces alluvions sableuses reposent sur un gneiss granitoïde rubéfié.

A 90^{km} au sud de Tamanrasset, on voit apparaître, dans les gneiss, des masses importantes de cipolins qui se poursuivent, lorsqu'on va vers le Sud, sur une distance de 50^{km} environ. La roche est grise ou verdâtre pour ce qui est des affleurements arasés des fonds de vallées ou des flancs de celles-ci, mais des buttes, incomplètement érodées, montrent une rubéfaction de la roche en leur sommet; le cipolin, devenu rouge, étant verni en surface comme la roche verte ou grise par l'action abrasive désertique.

Ces diverses observations nous conduisent à admettre, d'abord, qu'à une certaine époque, antérieure d'une part à l'établissement du profil actuel des vallées de cette région saharienne et d'autre part à l'épandage des premiers champs de laves, des conditions climatiques ont régné qui permettaient l'élaboration de niveaux rouges de surface, puis que des récurrences de ces conditions climatiques se sont produites lors du creusement des vallées.

Mais les rubéfactions des roches dont il est ici question ne mettent en évidence aucun caractère minéralogique symptomatique de phénomènes dus à des conditions climatiques franchement tropicales. Dans les roches

étudiées, on n'a pu voir en aucun cas soit des corrosions de quartz, soit l'individualisation d'hydroxydes d'aluminium, soit même le simple concrétionnement latéritique de l'oxyde de fer. Ce concrétionnement ferrique ne commence à apparaître que dans la région des grès d'In Guezzam, à 350^{km} au sud de Tamanrasset.

Nous n'envisageons, pour notre part, l'établissement d'une surface rouge du type décrit que comme la manifestation d'un léger gain vers le nord de la zone soudanaise, comportant sans doute annuellement une période de pluies plus ou moins continues créant des lieux humides, où peuvent se développer des diatomées, mais ne comportant pas l'imprégnation suffisante pour que des *réactions bauxitiques* fussent possibles.

Outre les roches granito-gneissiques rubéfiées, on observe, à certains niveaux, des gneiss à décomposition argileuse de couleur générale gris verdâtre. L'action de surface qui les a amenés à un tel état ne peut être conçue sans qu'on prenne en considération le développement d'une végétation génératrice des fluides humiques abondants. A ce moment, le désert était plus au Sud ou il n'existait pas. Il était vers le Nord au moment de l'établissement de la rubéfaction.

Nous ne savons dater avec précision les périodes géologiques correspondant à ces oscillations. On rappelle que le régime désertique régnait au Nord, en Algérie et au Maroc, dans le cours du Miocène, attesté par le développement des dépôts à montmorillonite. On peut faire l'hypothèse que c'est de cette époque que date la rubéfaction d'un Hoggar prévolcanique.

L'importante terrasse de l'Oued Tamanrasset, par laquelle on pénètre dans l'Atakor du Hoggar et sur laquelle sont établis les plus récents vestiges des manifestations volcaniques (petits cônes de débris de basaltes riches en magnétite) ne montre que des matériaux gris. C'est sur cette terrasse qu'on trouve de nombreux fragments de poteries et des instruments lithiques de nature andésitique.

Les kaolins appelés *tins blancs*, exploités çà et là comme enduits de revêtements, n'ont pas de rapports avec les phénomènes de décomposition superficielle; ils peuvent monter haut sur les flancs des vallées et ne se relient en rien aux *tins* rouges ou gris. Ils sont à compter comme produits pneumatolitiques, mais leur origine pourrait être contemporaine des premières éruptions volcaniques du Hoggar.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations nouvelles sur la greffe.* Note de M. LUCIEN DANIEL.

En vue de l'Exposition universelle de Paris, j'ai fait des greffes nouvelles qui permettent de compléter nos connaissances tant sur les conditions de réussite de l'opération que sur les variations mutualistiques et antagonistiques qui en sont la conséquence.

En appliquant le principe de la concordance biologique des conjoints que j'ai utilisé déjà il y a quelques années pour greffer des pousses florales d'Alliaire officinale sur de jeunes Choux Cabus montant à fleurs au même moment, j'ai réussi complètement une douzaine de ces greffes en prenant le minimum de précautions. J'ai, cette année, au début du printemps, employé le même procédé avec des plantes bisannuelles à rosette choisies au moment où leurs tiges aériennes avaient atteint de 25^{cm} à 30^{cm} de hauteur. Cette fois, au lieu de supprimer les feuilles de l'hypobiote pour pouvoir ligaturer plus facilement, j'ai pris la précaution de toutes les conserver après sa décapitation et de ne pas les briser pendant l'opération du greffage.

La réussite des greffes réciproques ainsi effectuées entre les *Digitalis lutea* et *D. purpurea*, *Verbascum Blattaria* et *V. Thapsus*, *Chenopodium Bonus Henricus* et *Beta vulgaris* a été parfaite et bien meilleure que celle des greffages réalisés par les procédés ordinaires. Cela se conçoit tout naturellement, car la conservation des feuilles permet à l'hypobiote décapité, menacé de pléthore hydrique par la perte d'une partie importante de son appareil vaporisateur, d'éliminer l'eau en excès dans ses tissus et qui risque de le faire pourrir. Pour faciliter cette élimination, il suffit de soulever progressivement la cloche et d'aérer ainsi l'hypobiote sans nuire à l'épibiote menacé de périr par dessiccation tant que la reprise n'est pas suffisamment avancée.

Si l'on prend pour symbiotes des végétaux ou des organes qui sont à des états biologiques discordants, soit par leurs capacités fonctionnelles spécifiques, leurs rythmes de végétation ou leur chimisme, soit par l'âge des plantes ou le rôle particulier joué par un de leurs organes spécialisés, la réussite des greffes devient beaucoup plus aléatoire, car cette discordance détermine un antagonisme et une lutte pour la vie qui retentissent à la fois sur la prospérité de l'association et sur ses résultats.

On a prétendu longtemps que la réussite des greffes était en rapport

étroit avec la parenté botanique des conjoints. C'était admettre que les caractères sexuels, base des classifications dites naturelles, concordaient avec les caractères physiologiques considérés comme secondaires à cet égard. Or ce n'est pas le cas, comme je l'ai démontré en réalisant des parabioses entres plantes de familles éloignées, et comme l'a fait en Russie Gratkow qui a réussi à établir des hémidibioses entre des espèces analogues à celles qui m'ont servi pour mes parabioses. Par ailleurs, j'ai, par maints exemples, démontré que des greffes établies entre espèces d'un même genre peuvent échouer quand réussissent fort bien des greffes d'espèces différentes prises dans des genres ou des tribus éloignés d'une même famille.

On peut atténuer les discordances initiales entre les symbiotes par divers procédés, en les habituant progressivement les uns et les autres séparément au mode de vie de leur futur associé. C'est ainsi que j'ai réussi des greffes du Cerisier à feuilles caduques sur le *Prunus Laurocerasus*, de *Myosotis palustris* sur l'Héliotrope, de Cresson de fontaine sur le Chou, et même à faire fleurir à nouveau une branche sénile de *Scopolia* par sa greffe sur une Tomate jeune. Dans ces cas, la lutte pour la vie, bien que plus ou moins diminuée, continue quand même et peut aboutir à des résultats importants, le plus souvent inattendus. Cela a été cette année le cas d'une greffe de *Senecio scandens* Hort. et de Cinéraire hybride dans laquelle l'hypobiote *Senecio* était constitué par une jeune bouture poussant vigoureusement, et l'épibiote Cinéraire, par une petite ramification encore verte, portant quelques boutons non ouverts, prise à la base d'une inflorescence normale défleurie à sa partie supérieure et portant des graines mûres.

Le greffage fut effectué en demi-fente, avec l'épibiote privé de ses jeunes capitules non encore ouverts. La reprise fut parfaite en ce sens que la cicatrisation se fit en commun comme chez les symbiotes concordants au même état biologique. Bientôt apparut sur l'épibiote, au niveau du bourrelet, un bourgeon réparateur qui donna naissance à une rosette de feuilles, longuement pétiolées, et à limbe arrondi, avec sinus à l'insertion sur les pétioles et quelques dents sur le pourtour. La villosité était normale, la teinte de la face inférieure du limbe était bleuâtre pâle, comme chez le pied originel.

Ensuite apparut le début d'une autre rosette de six feuilles, mais bien différente de la première. Les pétioles étaient beaucoup plus courts; le limbe, moins allongé, rappelait la forme de celui de l'hypobiote, la villosité s'était accentuée et la teinte bleue de la face inférieure de la feuille s'était renforcée fortement. Le nombre des feuilles de cette seconde rosette était réduit à deux. A ce moment un arrêt de croissance se manifesta. Puis un début de vie active réapparut sous la forme d'un bourgeon allongé et

courbé en arc dont la pointe était tournée vers le sol. A la base de ce bourgeon se développèrent deux feuilles monstrueuses à court pétiole aplati, à limbe vert sans teinte bleue ou bleuâtre, et lancéolé. La première moitié du limbe était plus grande que la seconde, et ces deux moitiés étaient insérées à des hauteurs différentes sur le pétiole. Cette asymétrie est assez fréquente chez les symbiomorphoses, chez les hybrides sexuels ou asexuels ainsi que chez les pousses réparatrices des végétaux décapités. La seconde feuille avait l'aspect d'une bractée allongée, à limbe symétrique mais très étroit.

J'ai remarqué à ce moment que la partie courbée, à feuilles déformées, correspondant à un troisième verticille de rosette, était envahie par les pucerons et avait perdu en partie sa résistance. Une fois débarrassée de ces parasites, elle s'est maintenue vivante, mais l'épibiote est passé pour le moment à l'état de vie ralentie, et il est bien peu probable qu'il fleurisse et fructifie.

Celui qui connaît la *Théorie des Capacités fonctionnelles* et a une habitude suffisante de l'observation peut facilement suivre et interpréter ce qui s'est passé dans cette symbiose, comme il le ferait à l'aide des graphiques d'un appareil enregistreur.

Tout d'abord il y eut une phase de *mutualisme* prédominant et de retour à la forme juvénile en rosette de l'épibiote, dans laquelle celui-ci conserva ses caractères ancestraux. Ensuite s'est développé un *antagonisme*, une lutte pour la vie avec formation de produits d'attaque et de défense qui s'est traduite par des changements de coloration et des transformations morphologiques lors de la formation de la seconde rosette chez l'épibiote. Pendant ce temps, l'hypobiote donnait des pousses réparatrices et se serait isolé si celles-ci n'avaient été pincées à temps. Au mutualisme du début et à l'antagonisme très accentué de la seconde phase a succédé un état *intermédiaire* permettant à l'épibiote de végéter à nouveau et de donner une pousse avec augmentation de la tension cellulaire, inégale du côté supérieur et du côté inférieur. De là une courbure et un déséquilibre de nutrition qui se sont révélés par des monstruosités et par une perte de résistance vis-à-vis des parasites et du milieu, ainsi que par de nouvelles variations de la pigmentation, appareil enregistreur du chimisme quantitatif et qualificatif et de ses variations.

Cette période ultime de la vie ralentie de l'épibiote ne se prolongera sans doute pas très longtemps, à moins d'une adaptation progressive aux nouvelles conditions de vie. Seule la suite de l'expérience en cours permettra d'en juger.

M. L. **Blaringhem** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée Julien Costantin (1857-1936). I. *Liste des Mémoires et Ouvrages de Julien Costantin*. II. *Julien Costantin, Biologiste*.

M. L. **Blaringhem** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé Exposition internationale, Paris, 1937. *Hybrides sexuels et mosaïques. L'œuvre de Mendel et de Naudin*.

M. A. **Bigot** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *L'enseignement de la botanique au* XVI[e] *siècle à la Faculté de Médecine de l'Université de Caen*.

NOMINATIONS.

M. E. **Picard** est désigné pour représenter l'Académie à la Séance inaugurale du *Congrès Descartes*, qui se tiendra à Paris, le 31 juillet 1937, à l'occasion du troisième centenaire de la publication du *Discours de la méthode*.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Équations de compatibilité pour un système de coordonnées triples orthogonaux quelconques*. Note (¹) de M. **Folke Odqvist**.

Introduisons un système dont le carré de l'élément de ligne s'exprime

$$ds^2 = \sum_{\mu=1}^{3} s_\mu \, dx_\mu^2, \tag{1}$$

et supposons qu'il existe une déformation infinitésimale de l'espace telle que le point, dont les coordonnées curvilignes sont x_1, x_2, x_3, subisse un déplacement $u_\nu = \xi_\nu \sqrt{s_\nu}$ ($\nu = 1, 2, 3$), dans les directions locales des axes x_1, x_2, x_3. Alors on peut introduire le tenseur de déformation $\varepsilon_{\mu\nu}$ (²),

$$\varepsilon_{\mu\nu}\sqrt{s_\mu s_\nu} = s_\mu \frac{\partial \xi_\mu}{\partial x_\nu} + s_\nu \frac{\partial \xi_\nu}{\partial x_\mu} + \delta_{\mu\nu} \sum_{\lambda=1}^{3} \frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda} \xi_\lambda,$$

(¹) Séance du 12 juillet 1937.

(²) Voir A. E. H. Love, *The Math. Th. of Elast.*, 4[e] édition, Cambr., 1927, p. 54.

où l'on a posé

$$\delta_{\mu\nu} = \begin{cases} 1 & (\mu = \nu), \\ 0 & (\mu \neq \nu), \end{cases}$$

et le carré de l'élément de ligne dans l'espace déformé s'exprime

$$(2) \qquad ds'^2 = \sum_{\mu,\nu=1}^{3} (\delta_{\mu\nu} + \varepsilon_{\mu\nu}) \sqrt{s_\mu s_\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu.$$

D'après un théorème connu de M. Christoffel [3], les conditions nécessaires et suffisantes pour l'existence d'une géométrie euclidienne dans l'espace déformé et non déformé se réduisent dans les deux cas à six équations différentielles à dérivées partielles de second ordre non linéaires pour les coefficients des formes quadratiques ds'^2 et ds^2.

Introduisant les coefficients de (1) et (2) dans ces équations et retenant seulement les termes de premier degré en $\varepsilon_{\mu\nu}$, on obtient trois équations de la forme ($\lambda = 1, 2, 3, \lambda \neq \mu \neq \nu$)

$$\begin{aligned}
(\mathrm{I}) \quad & 2\left\{\frac{\partial^2}{\partial x_\lambda^2}\varepsilon_{\mu\mu}s_\mu + \frac{\partial^2}{\partial x_\mu^2}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda - 2\frac{\partial^2}{\partial x_\lambda\,\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\mu}\sqrt{s_\lambda s_\mu}\right\} \\
&= -\frac{\varepsilon_{\lambda\lambda}}{s_\lambda}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda} + \left(\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\right)^2\right\} - \frac{\varepsilon_{\mu\mu}}{s_\mu}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\mu} + \left(\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda}\right)^2\right\} \\
&\quad + \frac{\varepsilon_{\nu\nu}}{s_\nu}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu} + \frac{\varepsilon_{\lambda\mu}}{\sqrt{s_\lambda s_\mu}}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\mu} - \frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda}\right\} \\
&\quad + \frac{\varepsilon_{\mu\nu}}{\sqrt{s_\mu s_\nu}}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\mu}\right\} + \frac{\varepsilon_{\nu\lambda}}{\sqrt{s_\nu s_\lambda}}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda} - \frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu}\right\} \\
&\quad + \frac{1}{s_\lambda}\left\{\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda}\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda + \frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\mu\mu}s_\mu\right. \\
&\qquad\qquad \left. - 2\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\mu}\sqrt{s_\lambda s_\mu} + 2\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda\right\} \\
&\quad + \frac{1}{s_\mu}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\mu\mu}s_\mu + \frac{\partial s_\mu}{\partial x_\mu}\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda\right. \\
&\qquad\qquad \left. - 2\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\mu}\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\lambda\mu}\sqrt{s_\lambda s_\mu} + 2\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda}\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\mu\mu}s_\mu\right\} \\
&\quad + \frac{1}{s_\nu}\left\{-\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\mu\mu}s_\mu - \frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu}\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda\right. \\
&\qquad\qquad \left. + 2\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\mu\nu}\sqrt{s_\mu s_\nu} + 2\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu}\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\lambda\nu}\sqrt{s_\lambda s_\nu}\right\},
\end{aligned}$$

---

[3] Voir par exemple J. E. WRIGHT, *Invariants of Quadratic Differential Forms* (*Cambridge Tracts in Mathematics and Mathematical Physics*, 9, 1908, p. 23).

et trois équations de la forme

$$
\begin{aligned}
\text{(II)}\quad & 2\left\{\frac{\partial^2}{\partial x_\mu\,\partial x_\nu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda - \frac{\partial}{\partial x_\lambda}\left[-\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\mu\nu}\sqrt{s_\mu s_\nu}+\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\nu}\sqrt{s_\lambda s_\nu}+\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\mu\lambda}\sqrt{s_\mu s_\lambda}\right]\right\} \\
&= -\frac{\varepsilon_{\lambda\lambda}}{s_\lambda}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu} - \frac{\varepsilon_{\mu\mu}}{s_\mu}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu} - \frac{\varepsilon_{\nu\nu}}{s_\nu}\frac{\partial s_\nu}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu} - \frac{\varepsilon_{\lambda\mu}}{\sqrt{s_\lambda s_\mu}}\left\{\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}-\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu}\right\} \\
&\quad - \frac{\varepsilon_{\lambda\nu}}{\sqrt{s_\lambda s_\nu}}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\nu}{\partial x_\lambda}-\frac{\partial s_\nu}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\right\} - \frac{\varepsilon_{\mu\nu}}{\sqrt{s_\mu s_\nu}}\left\{\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}+\frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda}\frac{\partial s_\nu}{\partial x_\lambda}+\frac{\partial s_\nu}{\partial x_\mu}\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\right\} \\
&\quad + \frac{1}{s_\lambda}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda + \frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda\right. \\
&\qquad\quad \left. - \frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\lambda}\left[-\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\mu\nu}\sqrt{s_\mu s_\nu}+\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\nu\lambda}\sqrt{s_\nu s_\lambda}+\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\lambda\mu}\sqrt{s_\lambda s_\mu}\right]\right\} \\
&\quad + \frac{1}{s_\mu}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\mu}\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\mu\mu}s_\mu - \frac{\partial s_\mu}{\partial x_\nu}\left[-\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda + 2\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\lambda\mu}\sqrt{s_\lambda s_\mu}\right]\right. \\
&\qquad\quad \left. + \frac{\partial s_\mu}{\partial x_\lambda}\left[-\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\nu\lambda}\sqrt{s_\nu s_\lambda}+\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\lambda\mu}\sqrt{s_\lambda s_\mu}+\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\mu\nu}\sqrt{s_\mu s_\nu}\right]\right\} \\
&\quad + \frac{1}{s_\nu}\left\{\frac{\partial s_\lambda}{\partial x_\nu}\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\nu\nu}s_\nu - \frac{\partial s_\nu}{\partial x_\mu}\left[-\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\lambda\lambda}s_\lambda + 2\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\lambda\nu}\sqrt{s_\lambda s_\nu}\right]\right. \\
&\qquad\quad \left. + \frac{\partial s_\nu}{\partial x_\lambda}\left[-\frac{\partial}{\partial x_\nu}\varepsilon_{\mu\lambda}\sqrt{s_\mu s_\lambda}+\frac{\partial}{\partial x_\mu}\varepsilon_{\lambda\nu}\sqrt{s_\lambda s_\nu}+\frac{\partial}{\partial x_\lambda}\varepsilon_{\mu\nu}\sqrt{s_\mu s_\nu}\right]\right\}
\end{aligned}
$$

qui constituent les six équations correspondantes de compatibilité pour $\varepsilon_{\mu\nu}$. Dans le cas simple où $s_1 = s_2 = s_3 = 1$, on retrouve immédiatement les équations de compatibilité bien connues de Saint-Venant.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les variétés algébriques de genres un contenant des involutions cycliques.* Note de M. **Lucien Godeaux**, présentée par M. Elie Cartan.

Soit V une variété algébrique à trois dimensions, privée d'intégrales de Picard de première espèce, sur laquelle tout système linéaire de surfaces soit son propre adjoint. Les surfaces canonique et pluricanonique de V sont d'ordre zéro, le genre géométrique et les plurigenres de cette variété sont égaux à l'unité. Supposons que V possède une involution cyclique I_p d'ordre premier p, n'ayant qu'un nombre fini de points unis. Soit Ω une variété image de l'involution I_p. Si les plurigenres de Ω ne sont pas tous nuls, l'opération d'adjonction sur cette variété est l'identité ou a la période p.

Construisons sur V un système linéaire complet de surfaces $|F|$ conte-

nant p systèmes linéaires partiels $|F_1|, |F_2|, \ldots, |F_p|$ composés au moyen de I_p, l'un de ces systèmes, par exemple $|F_1|$, étant dépourvu de points-base. On peut prendre, comme modèle projectif de V, une variété normale dont les sections hyperplanes sont les surfaces F. Soit S_r l'espace linéaire contenant cette variété. L'involution I_p est engendrée sur V par une homographie H de S_r, possédant p axes ponctuels $S^{(1)}, S^{(2)}, \ldots, S^{(p)}$ dont le premier seul rencontre V (aux points unis de I_p). Désignons par Σ_i le système linéaire d'hyperplans passant par les axes de H sauf par $S^{(i)}$. Les surfaces $F_1, F_2, \ldots, F_p$ sont découpées sur V respectivement par les hyperplans de $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots, \Sigma_p$.

Soient A un point uni de I_p, α l'espace tangent à V en ce point. Le point A appartient à $S^{(1)}$ et l'espace α est uni pour H. Cet espace s'appuie suivant un plan sur un des axes $S^{(2)}, S^{(3)}, \ldots, S^{(p)}$, ou suivant une droite sur un de ces axes et suivant un point sur un autre, ou suivant trois points sur trois de ces axes. Dans le premier cas, on a nécessairement $p = 2$. Examinons le second cas.

Supposons que α s'appuie suivant une droite a sur $S^{(2)}$ et suivant un point A' sur $S^{(3)}$.

Les surfaces F_2 ont un point simple en A, le plan tangent en ce point passant par A' et coupant a en un point. Les groupes de I_p appartenant à une surface F_2 forment sur celle-ci une involution ayant en A un point uni non parfait (¹). Les surfaces F_3 touchent en A le plan Aa et les groupes de I_p appartenant à une de ces surfaces forment une involution ayant en A' un point uni parfait.

Si, sur la variété Ω, tout système linéaire de surfaces est son propre adjoint, la courbe commune à deux surfaces F_3 doit avoir la multiplicité $p-2$ en A. Si, au contraire, l'opération d'adjonction sur la variété Ω a la période p, les surfaces F_1 passant par A doivent couper les surfaces F_2 suivant des courbes ayant un point double ordinaire en A, l'une des tangentes en ce point étant la droite AA', l'autre appartenant au plan Aa.

Considérons un hyperplan de Σ_1 ne passant pas par A, deux hyperplans de Σ_2 et un hyperplan de Σ_3. Ces hyperplans ont en commun un espace ne rencontrant pas en général α. Projetons sur α à partir de cet espace les surfaces $F_1, F_2, \ldots, F_p$. On obtient ainsi des surfaces unies pour l'homographie h induite par H dans α. Par ce procédé, on peut étudier le compor-

---

(¹) Au sujet des définitions et des propriétés des involutions utilisées ici, voir notre exposé *Les involutions cycliques appartenant à une surface algébrique*, Paris, 1935.

tement de l'involution I_p dans le voisinage du point A sur V. On parvient ainsi aux résultats suivants :

1° Si, sur Ω, tout système linéaire de surfaces est son propre adjoint, on a $p \geqq 5$. Dans le voisinage du point A, se trouvent un élément de surface tangent au plan Aa, sur lequel les domaines d'ordre 1, 2, ..., $p-3$ de A sont formés de points unis de I_p, et un élément de courbe tangent à la droite AA' sur lequel se trouvent $1/2(p-3)$ points infiniment voisins successifs de A, unis de I_p.

2° Si, sur Ω, l'opération d'adjonction a la période p, il existe, dans le voisinage du point A, un élément de surface tangent au plan Aa, sur lequel les domaines d'ordre 1, 2, ..., $p-2$ de A sont formés de points unis de I_p et un élément de courbe tangent à la droite AA', sur lequel se trouvent $p-2$ points unis de I_p, infiniment voisins successifs de A.

On peut construire des exemples de ces deux cas pour $p=5$. Il suffit de considérer, dans un espace à quatre dimensions, les hypersurfaces du cinquième ordre invariantes pour une homographie de période 5, ayant comme axes deux droites et un point. Le second cas se présente aussi effectivement pour $p=3$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations linéaires à infinité d'inconnues*. Note de M. **M. Eidelheit**, présentée par M. Elie Cartan.

Nous allons donner ici quelques nouveaux résultats sur les systèmes d'équations

$$\sum_{k=1}^{\infty} a_{ik}\xi_k = \eta_i \qquad (i=1, 2, \ldots) \tag{1}$$

qui se rattachent au principe des réduites [1].

Désignons par $D^{(m)}_{k_1, k_2, \ldots, k_m}$ le déterminant correspondant aux m premières lignes et aux colonnes d'indices $k_1, k_2, \ldots, k_m$ du tableau infini (a_{ik}).

Théorème I. — *Supposons que* $D^{(m)}_{1, 2, \ldots, m} \neq 0$ $(m=1, 2, \ldots)$ *et que chacune des suites* $\{a_{1k}\}, \{a_{2k}\}, \ldots$ *soit bornée, et désignons par* $\{\xi_k^{(m)}\}$ *la suite qui satisfait aux m premières équations du système* (1) *et telle que* $\xi_k^{(m)}=0$ *pour* $k>m$. *Pour que pour toute suite* $\{\eta_i\}$ *admettant une solution* $\{\xi_k\}$ *du système* (1) *telle que* $\sum_{k=1}^{\infty}|\xi_k|<\infty$, *il existe les limites* $\lim_{m\to\infty}\xi_k^{(m)}$ $(k=1, 2, \ldots)$,

[1] Cf. F. Riesz, *Les systèmes d'équations linéaires à infinités d'inconnues*, Paris, 1913, p. 2.

il faut et il suffit qu'il existe pour tout k un nombre positif B_k, *tel que*

$$(2)\qquad \left|\frac{D^{(m)}_{1,2,\ldots,k-1,n,k+1,\ldots,m}}{D^{(m)}_{1,2,\ldots,m}}\right| \leqq B_k \qquad (m=k,\ k+1,\ \ldots;\ n=m+1,\ m+2,\ \ldots).$$

Si la condition (2) *est remplie, alors en posant* $c_k = \lim\limits_{m\to\infty} \xi_k^{(m)}$ ($k=1, 2, \ldots$), *nous avons*

$$(3)\qquad \sum_{k=1}^{\infty} |c_k| < \infty,$$

et la suite $\{c_k\}$ *constitue la seule solution du système* (1) *remplissant la condition* (3).

Remarque. — Un théorème analogue subsiste, lorsque

$$\sum_{k=1}^{\infty} |a_{ik}|^p < \infty \qquad (p \geqq 1;\ i=1, 2, \ldots)$$

et que l'on cherche une solution $\{\xi_k\}$ du système (1), telle que l'on ait

$$\sum_{k=1}^{\infty} |\xi_k|^{\frac{p}{p-1}} < \infty \quad \text{pour } p>1; \qquad \xi_k \to 0 \quad \text{pour } p=1,$$

ou plus généralement lorsque le tableau (a_{ik}) est quelconque et que l'on cherche une solution $\{\xi_k\}$, telle que

$$\sum_{k=1}^{\infty} |a_{ik}\xi_k| < \infty \qquad (i=1, 2, \ldots).$$

Théorème II. — *Supposons que les lignes du tableau* (a_{ik}) *soient linéairement indépendantes et que chaque ligne séparément constitue une suite bornée. Si le système* (1) *admet, pour une suite* $\{\eta_i\}$ *donnée, une solution* $\{\xi_k\}$, *telle que* $\sum\limits_{k=1}^{\infty} |\xi_k| < \infty$, *alors pour tout m il existe des indices* $k_1(m), k_2(m), \ldots, k_m(m)$, *tels que* $D^{(m)}_{k_1(m), k_2(m), \ldots, k_m(m)} \neq 0$ *et que, en désignant par* $\{\xi_k^{(m)}\}$ *la suite qui satisfait aux m premières équations du système* (1), *et telle que* $\xi_k^{(m)} = 0$ *pour* $k \neq k_\nu(m)$ ($\nu = 1, 2, \ldots, m$) *nous ayons, pour une certaine suite partielle* $\{m_i\}$,

$$1^\circ \qquad \lim_{i\to\infty} \xi_k^{(m_i)} = c_k \qquad (k=1, 2, \ldots),$$

$$2^\circ \qquad \sum_{k=1}^{\infty} |c_k| < \infty,$$

$$3^\circ \qquad \lim_{i\to\infty} \sum_{k=1}^{\infty} |c_k - \xi_k^{(m_i)}| = 0;$$

par conséquent, la suite $\{c_k\}$ *constitue une solution du système* (1).

Remarque. — Un théorème analogue subsiste, lorsque le tableau (a_{ik}) est quelconque et que l'on cherche une solution $\{\xi_k\}$ telle que

$$\sum_{k=1}^{\infty} |a_{ik}\xi_k| < \infty, \qquad (i = 1, 2, \ldots).$$

THÉORÈME 3. — *Si le système* (1) *admet pour toute suite* $\{\eta_i\}$ *exactement une solution et si l'on a* $D^{(m)}_{k_1(m), k_2(m), \ldots, k_n(m)} \neq 0$ (²), *alors pour toute suite* $\{\eta_i\}$ *les limites* $c_k = \lim_{m\to\infty} \xi_k^{(m)}$ *existent, la suite* $\{\xi_k^{(m)}\}$ *étant définie comme dans le théorème* 2, *et la suite* $\{c_k\}$ *constitue alors la solution du système* (1).

Dans ce théorème on ne suppose plus que les lignes soient bornées, ni que la solution forme une série absolument convergente.

Remarque. — On peut aussi établir des formules générales exprimant dans ce cas la solution du système (1). Elles sont les mêmes que dans la théorie de M. E. Schmidt (³).

THÉORIE DES GROUPES. — *Homomorphie entre systèmes multiformes.* Note (¹) de M. J. KUNTZMANN.

Homomorphie I. — C'est une correspondance univoque $a \to \bar{a}$ telle que :

1° $a.b = c$ entraîne $\bar{a}.\bar{b} = \bar{c}$;

2° pour tout $\bar{a}$ il y a au moins un $a \to \bar{a}$;

3° $\bar{a}.\bar{b} = \bar{c}$ entraîne, pour tout $a \to \bar{a}$ et tout $b \to \bar{b}$, $a.b = c^\star$, $c^\star \to \bar{c}$ de même pour tout $c \to \bar{c}$ on a :

4° $a^\star b = c$, $a^\star \to \bar{a}$;

5° $a.b^\star = c^\star$, $b^\star \to \bar{b}$.

Les conditions 3°, 4°, 5° se permutent quand on considère au lieu de l'opération $a.b$, les opérations $a/b|$, $a/|b$.

L'homomorphie I respecte les identités. Un système uniforme donne un système uniforme.

Cas des hypergroupes. — Généralisant une définition donnée dans une

(²) L'existence des indices $k_1(m)$, $k_2(m)$, ..., $k_m(m)$ résulte ici de l'indépendance des lignes du tableau (a_{ik}).

(³) E. SCHMIDT, *Rend. Circ. Math. Palermo*, 25, 1908, p. 53-77.

(¹) Séance du 12 juillet 1937.

précédente Note ([2]), nous nommerons S.H.G. invariant un S.H.G. tel que

1° les classes ag sont sans élément commun;

2° les classes ga coïncident avec les classes ag.

Les classes forment un hypergroupe qui est dit hypergroupe quotient par le S.H.G. invariant et qui se note G/g.

Les homomorphes I d'un hypergroupe sont les hypergroupes quotients par ses S.H.G. invariants, et l'on a encore le théorème

$$g_1 g_2/g_1 = g_2/g_1 \cap g_2 \quad (g_1 \text{ invariant}).$$

En particulier pour un groupe on trouve seulement ses groupes quotients.

Reim. — Dans le cas des hypergroupes, chacune des conditions 3°, 4°, 5° entraîne les deux autres. Il n'en est pas de même en général.

Homomorphie II. — C'est une correspondance univoque satisfaisant à 1°, 2° et à la condition 4°, $\bar{a}.\bar{b} = \bar{c}$ entraîne pour tout, $a \to \bar{a}$, $ab^\star = c^\star$, $b^\star \to \bar{b}$, $c^\star \to \bar{c}$ et de même pour tout b, $a^\star b = c^\star$.

L'homomorphie I est un cas particulier de l'homomorphie II. L'homomorphie et la semisomorphie de M. Marty (*Loc. cit.*) sont plus générales que l'homomorphie II.

L'homomorphie II ne respecte pas toutes les identités mais elle respecte l'associativité et la condition d'hypergroupe normal.

Homomorphie II unitaire c'est une homomorphie d'un hypergroupe telle que l'unité e est le seul élément qui donne l'unité $\bar{e}$.

Homomorphes II d'un hypergroupe normal. — Les catégories gag suivant un S. H. G. forment un hypergroupe homomorphe II au premier et qui est dit hypergroupe quotient.

L'homomorphie II la plus générale s'obtient en formant les hypergroupes quotients et en effectuant en suite une homomorphie II unitaire.

Homomorphes II d'un hypergroupe quelconque. — On sait seulement que ce sont des hypergroupes. Il n'y a rien qui généralise l'hypergroupe

---

([2]) D'une conversation avec M. Marty il résulte que les hypergroupes spéciaux que j'ai définis dans ma Note (*Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1787) ne sont pas autre chose que des hypergroupes normaux, la définition qu'il en a donnée (Voir *Annales de l'École Normale*, **53**, 1936, p. 83) devant être complétée par l'axiome $AB \subset C$ entraîne $CB^{-1} \supset A$ et $A^{-1}C \supset B$. Nous emploierons désormais uniquement le terme d'hypergroupe normal.

quotient. On a pour tout $c \to \bar{c}$, $a^\star b^\star = c$, $a^\star \to \bar{a}$, $b^\star \to \bar{b}$. C'est une condition donnée par M. Marty ([3]). Inversement une correspondance telle que à $\bar{b} = \bar{c}$, entraîne pour tout $c \to \bar{c}$, $a^\star b^\star = c$ et qui appliquée à un hypergroupe donne un hypergroupe est une homomorphie II.

Dans l'homomorphie I, les images des éléments d'un S. H. G. g forment un S. H. G. homomorphe I à g. Cette propriété ne s'étend pas à l'homomorphie II.

Transitivité. Régressivité. — Soient deux correspondances univoques $a \to \bar{a}$, $\bar{a} \to \bar{\bar{a}}$ et la correspondance résultante $a \to \bar{\bar{a}}$.

Si les deux premières sont des homomorphies I, des homomorphies II, des homomorphies II unitaires, des homomorphies II obtenues en prenant les catégories suivant un S. H. G., il en est de même de la troisième.

Si la première et la troisième sont des homomorphies I, etc., il en est de même de la deuxième.

Cette propriété renferme en particulier le deuxième théorème d'isomorphie ([4]).

THÉORIE DES MATRICES. — *Les fonctions multivalentes dans l'espace des matrices*. Note de M. **Robert Wagner**, présentée par M. Elie Cartan.

Beaucoup de mathématiciens, depuis Sylvester, ont étudié les fonctions de matrices, mais aucun jusqu'à présent n'a pris un point de vue entièrement géométrique. Dans cette Note nous appliquons des méthodes géométriques à des fonctions de matrices définies par M. Cipolla et étudiées par M. Schwerdtfeger.

Nous considérons une matrice carrée de n colonnes dont les éléments sont des nombres complexes comme un point d'un espace m des matrices. Mais une matrice représente à son tour une transformation linéaire d'un espace vectoriel v à n dimensions. De ce point de vue, une matrice a une structure, les sous-espaces primitifs de la matrice. Un sous-espace primitif de la matrice est un sous-espace de v qui (1) est transformé en lui-même par la matrice et (2) n'est pas l'espace produit de sous-espaces satisfaisant

([3]) *Sur une généralisation de la notion de groupe Farhandlingar vid attonde Skandinaviska Mathematikerkongressen*, 1934.

([4]) Voir par exemple Van der Waerden, *Moderne Algebra*, I, p. 136, Berlin, Springer, 1930.

à la première condition. Si l'on peut faire correspondre les sous-espaces primitifs d'une matrice à ceux d'une autre matrice par une transformation affine, nous appellerons les deux matrices *structuralement équivalentes*.

M. Cipolla [1] a défini des valeurs $f^*(A)$ d'une fonction de matrice à l'aide des diviseurs élémentaires et des racines caractéristiques de l'argument A. Le point de vue géométrique, que nous avons introduit plus haut, permet de démontrer que les valeurs $f^*(A)$ sont équivalentes structuralement à l'argument A ou bien que quelques-uns des sous-espaces primitifs de A sont décomposés quand on passe à $f^*(A)$ de la façon suivante : un sous-espace primitif de A devient le produit de plusieurs sous-espaces primitifs de $f^*(A)$ (dont un au plus est de dimension supérieure à 1).

Nous passons à présent à un autre aspect géométrique, utilisant l'espace m. La classification des matrices introduite plus haut produit une hétérogénéité dans m. Elle définit certains sous-espaces de matrices de même structure; toutes les matrices dans un même sous-espace sont structuralement équivalentes.

Une autre hétérogénéité de l'espace m apparaît quand on considère les racines de l'équation caractéristique. Il existe un ensemble de matrices dégénérées : elles ont des racines égales. Cet ensemble contient deux sous-ensembles : les matrices dérogatoires et les matrices non-dérogatoires. Nous appellerons, d'après Sylvester, une matrice dérogatoire si la fonction réduite caractéristique diffère de la fonction caractéristique. Se servant de notre terminologie, nous pouvons dire que les matrices dérogatoires ont plusieurs sous-espaces primitifs avec la même racine caractéristique. Ainsi on peut concevoir des classes de matrices *également dérogatoires*, en mettant deux matrices dans la même classe si elles sont équivalentes structuralement, c'est-à-dire déterminent les mêmes sous-espaces primitifs, et, de plus, si les racines caractéristiques de deux matrices correspondant à ces sous-espaces primitifs sont égales ou distinctes en même temps.

Ces ensembles de matrices sont importants aussi dans l'étude des fonctions définies par M. Cipolla. D'abord les matrices dégénérées sont des points singuliers de la fonction, quelle que soit la fonction particulière, si elle est multivalente. Pour parler de singularités, nous considérons une fonction de matrice comme une transformation de m dans m_1, où m_1 est un autre espace de matrices. Après avoir introduit une métrique dans ces espaces nous pouvons parler de la continuité des transformations. Une

(1) CIPOLLA, *Rend. Circ. Mat. Palermo*, 56, 1932, p. 144.

définition convenable de la distance de A à B, $\rho(A, B)$, est

$$[\rho(A, B)]^2 = \sum_i \sum_j (a_{ij} - b_{ij})(\overline{a}_{ij} - \overline{b}_{ij}),$$

où a_{ij} est un élément de A et $\overline{a}_{ij}$ est son complexe conjugué. Les singularités qu'on rencontre dans le cas des matrices dégénérées sont de deux sortes. La première sorte se rencontre dans le cas des matrices non-dérogatoires; quelques valeurs de la fonction deviennent infinies. Pour voir plus clairement la nature de l'autre sorte de singularités, nous observons ce qui arrive aux valeurs quand nous faisons varier l'argument. Les matrices (points) dérogatoires sont des singularités qui ont la propriété suivante : quand l'argument tend vers un tel point selon une direction définie, la valeur de la fonction tend vers un point défini dans l'espace m_1, mais ce point dépend de la direction (²).

De plus, les fonctions de Cipolla ont un caractère organique en ce sens que pour deux valeurs quelconques de la fonction définies au point A, il existe un contour fermé dans l'espace de l'argument tel que si l'on transporte l'argument le long de ce contour, la première valeur est transportée dans la seconde. En particulier, on peut choisir le contour dans l'ensemble des matrices équivalentes structuralement à la matrice A.

M. Schwerdtfeger (³), lui aussi, a étudié ces fonctions et a obtenu une classification des valeurs de la fonction définie pour un point (matrice) A. Il emploie des relations entre des sous-groupes du groupe des matrices non singulières permutables avec A. Or, on obtient la même classification du point de vue géométrique que nous avons adopté, si l'on restreint les contours fermés, introduits plus haut, à rester dans l'ensemble des matrices également dérogatoires avec A. Cette classification comporte une seule classe, si A est non-dérogatoire.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une application des familles normales de distributions de masse.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Paul Montel.

Je rappelle qu'une distribution de masse est une fonction complètement additive d'ensemble (mesurable B). La notion de *famille normale de distri-*

(²) M. Lappo Danilevskij a obtenu des résultats semblables pour des fonctions de matrices, mais il emploie une définition différente des fonctions.

(³) *Compositio Mathematica*, 3, 1936, p. 380.

bution de masse est à la base de tous les résultats obtenus ces dernières années dans la théorie du potentiel et du balayage. Elle permet de déduire l'existence, sur un ensemble fermé, d'une distribution limite de distributions situées sur une suite de surfaces (ou d'ensembles) tendant vers lui; le potentiel de la distribution limite est alors la limite des potentiels des distributions de la suite, en dehors de l'ensemble fermé.

Elle permet également de trouver des distributions minimisantes dans les problèmes de minimum, chose importante, car maint problème classique non résolu jusqu'à nos jours a pu trouver ainsi sa solution générale. C'est la notion classique de distribution, définie au moyen d'une densité, qui empêchait l'existence de telles solutions.

Il s'agira ici de fonctions harmoniques *non bornées* au voisinage d'un ensemble. De telles fonctions ont été récemment utilisées comme critères de capacité nulle pour un ensemble. Nous les considérerons ici du point de vue envisagé par MM. P. Noaillon, Émile Picard, Georges Bouligand et Henri Lebesgue ([1]), antérieurement par Bôcher ([2]), et plus récemment par Kellogg ([3]). Voici, dans le langage de l'espace à trois dimensions, le résultat obtenu ([3]) (qui est vrai pour l'espace à deux dimensions moyennant une modification évidente) :

Si U(P) *est harmonique dans le voisinage d'un point* O *et bornée inférieurement, elle est de la forme* $c/r+\mathrm{V}(\mathrm{P})$, *r étant la distance* OP *et* V(P) *étant harmonique en* O *aussi.*

En d'autres termes, la fonction U(P) est la somme du potentiel d'une masse concentrée au point O et d'une fonction partout harmonique.

M. Lebesgue a bien voulu me poser, il y a quelques années, la question suivante qui généralise le résultat précédent :

Est-ce qu'une fonction, s'annulant à l'infini et harmonique dans tout l'espace, sauf sur une courbe (analytique ou simplement rectifiable) *au voisinage de laquelle elle devient infinie positive, est le potentiel d'une masse distribuée sur cette courbe ?*

Les résultats que l'on possède actuellement dans la théorie du potentiel permettent d'y répondre facilement par l'*affirmative*. Si S_n est la surface de niveau de la fonction donnée F(P) définie comme frontière du domaine formée par les points où $\mathrm{F}(\mathrm{P}) < n$, elle ne peut avoir qu'un ensemble de

([1]) *Comptes rendus,* **176**, 1923, p. 879, 933, 1025, 1037, 1098, 1270.
([2]) *Bull. Amer. Math. Soc.*, **9**, 1903, p. 455.
([3]) *Bull. Amer. Math. Soc.*, **32**, 1926, p. 664.

capacité nulle de points *irréguliers*, ceux qui appartiennent à la courbe. D'après un théorème d'unicité que j'ai donné ([4]), et un théorème sur les singularités des fonctions harmoniques ([5]), la fonction F(P) est, à l'extérieur de S_n, le potentiel conducteur de S_n, multiplié par n. Si μ_n est la distribution d'équilibre sur S_n (dont l'existence est établie sur tout ensemble fermé borné), on voit qu'en un point fixe M extérieur à tous les S_n, on a

$$\frac{n\mu_n(S_n)}{R} \leq F(M).$$

Les distributions $n\mu_n$ sont donc uniformément bornées et forment une famille normale. *Il existe ainsi une distribution positive limite sur la courbe dont* F(P) *est le potentiel*, ce qui démontre le théorème.

La démonstration précédente s'applique à l'énoncé plus général suivant :

Toute fonction (nulle à l'infini) harmonique dans tout l'espace, sauf sur un ensemble fermé borné de capacité nulle, au voisinage duquel elle devient infinie positive et reste bornée inférieurement, est le potentiel d'une distribution de masse positive sur l'ensemble.

Dans le cas où il ne s'agit que d'un voisinage fini d'un ensemble, et non de tout l'espace, comme dans l'énoncé de départ rappelé ci-dessus, on a le résultat général suivant :

Toute fonction harmonique dans un voisinage d'un ensemble fermé borné de capacité nulle, bornée inférieurement mais non bornée supérieurement, est la somme du potentiel d'une distribution de masse positive sur l'ensemble et d'une fonction harmonique même sur l'ensemble.

Si U(P) est une telle fonction, E l'ensemble, S une surface régulière entourant E, W(P) la solution du problème de Dirichlet dans S pour les valeurs de U sur S, v_n le potentiel conducteur de la surface de niveau S_n relative à U(P) — W(P), on voit que cette dernière fonction, pour P fixe, est égale à $nv_n(P) - V'_n(P)$, $V'_n(P)$ étant la solution du problème de Dirichlet pour les valeurs o sur S_n et nv_n sur S. Si $\mu^n_S(P, e)$ et $\mu_{S_n}(P, e)$ sont les distributions issues du balayage polaire de P (de la masse unité concentrée en P) sur S et S_n, on peut écrire, d'après un résultat que M. de la Vallée Poussin a donné dans ses conférences récentes à l'Institut Poincaré,

$$U(P) - W(P) = n\mu_{S_n}(P, S_n).$$

([4]) *Journal de Mathématiques*, 14, 1935, p. 217.

([5]) F. Vasilesco, *ibid.*, 9, 1930, p. 96.

d'où l'on conclut que $\mu_{S_n}(P, S_n)$ tend vers zéro, et $\mu''_S(P, e)$ vers la distribution polaire sur S. On trouve en exprimant $V'_n(P)$ d'une manière analogue, que

$$U(P) - W(P) = [G(M', P) + \varepsilon]\, n\mu_n(S_n),$$

G étant la fonction de Green du domaine intérieur à S' et M' sur S_n, d'où l'on conclut que la famille $n\mu_n$ est encore normale. μ étant une distribution limite sur F et v son potentiel, on trouve

$$U(P) - W(P) = \int_F G(M, P)\, d\mu(M) = v(P) - V(P),$$

où V(P) est harmonique dans S et égale à v sur S.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la déformation des plaques élastiques dans le cas des données analytiques.* Note de M. **Nicolas Cioranesco**, présentée par M. Paul Montel.

On sait que la déformation $w(x, y)$ d'une plaque élastique dont les faces ont pour équations $z = \pm h$, sous l'action des forces extérieures des composantes X, Y, Z et de moments L, M, N est régie par l'équation de Lagrange

$$(1) \qquad \Delta\Delta w = \frac{1}{B}\left(z + \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}\right),$$

où

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \quad \text{et} \quad B = \frac{2m^2 E h^3}{3(m^2 - 1)},$$

E désignant le coefficient d'élasticité longitudinale et m le coefficient de contraction transversale de la matière.

Or, dans le cas des données analytiques, on peut facilement obtenir *la solution générale* de l'équation (1) et, partant de celle-ci, la solution satisfaisant à des conditions aux limites données.

Pour cela, je fais usage d'un développement que j'ai donné autre part [1] pour les fonctions analytiques de deux variables réelles, régulières dans un cercle C_R centré à l'origine.

Si l'on prend des coordonnées polaires r et θ, et si $f(r, \theta)$ est une

---

[1] *Bulletin de la Soc. Mathém. de France*, 65, 1937, p. 41.

fonction analytique dans C_R, j'ai montré que l'on peut écrire

$$(2) \qquad f(r, \theta) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(r, \theta) r^{2k},$$

les $u_k(r, \theta)$ étant des fonctions harmoniques, régulières dans C_R, et ce développement est unique.

Si l'on écrit sous la forme (2) le second membre de l'équation (1), c'est-à-dire si l'on pose

$$\frac{1}{B}\left(Z + \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}\right) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k(r, \theta) r^{2k} = \mathfrak{L}(r, \theta),$$

et si $\mathfrak{L}(r, \theta)$ est supposée analytique et régulière dans un cercle C_R, les $p_k(r, \theta)$ sont des fonctions harmoniques, régulières dans C_R, dont l'expression est facile à former ([1]). Comme, dans ce cas, la solution de l'équation (1) est analytique, si l'on cherche $w(r, \theta)$ sous la même forme

$$w(r, \theta) = \sum_{k=0}^{\infty} w_k(r, \theta) r^{2k},$$

on détermine les fonctions harmoniques $w_k(r, \theta)$, à l'aide des équations

$$16(k+1)(k+2)\left[(k+1)(k+2) w_{k+2} + 2(k+2) r \frac{\partial w_{k+2}}{\partial r} + r^2 \frac{\partial^2 w_{k+2}}{\partial r^2}\right] = p_k(r, \theta)$$
$$(k = 0, 1, 2, \ldots),$$

$w_0(r, \theta)$ et $w_0(r, \theta)$ restant arbitraires.

Par un calcul facile, on trouve

$$w_{k+2}(r, \theta) = \frac{r^{-(k+2)}}{16(k+1)(k+2)} \int_0^r (r - \rho) \rho^k p_k(\rho, \theta) \, d\rho,$$

et, par conséquent, la solution régulière la plus générale de l'équation (1) peut s'écrire sous la forme

$$w(r, \theta) = w_0 + r^2 w_1 + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{r^{k+2}}{16(k+1)(k+2)} \int_0^r (r - \rho) \rho^k p_k(\rho, \theta) \, d\rho,$$

et la série du second membre est absolument et uniformément convergente, car les fonctions $p_k(r, \theta)$ satisfont à des inégalités de la forme

$$|p_k(r, \theta)| \leqq \frac{\mathfrak{M}(r; \mathfrak{L})}{r^{2k}} \qquad (r \leqq R),$$

$\mathfrak{M}(r; \mathfrak{L})$ étant le *pseudo-module* de $\mathfrak{L}(r, \theta)$ ([1]).

On voit que, dans l'expression de la solution générale (3) de l'équa-

tion (1), figure une fonction biharmonique arbitraire $w_0 + r^2 w_1$, qu'on déterminera, dans chaque cas particulier, par les conditions aux limites, par exemple, dans le cas des plaques encastrées, par les conditions $w_C = 0$; $(dw/dn)_C = 0$, C étant le contour de la plaque, supposé à l'intérieur de C_R. Des développements de cette question, ainsi que la résolution par cette méthode de certains problèmes particuliers, seront donnés ailleurs [2].

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur les déformations subpermanentes (Phénomènes de réactivité).* Note [1] de MM. **Jean Galibourg** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Léon Guillet.

Pour analyser les lois de la déformation des corps sous l'influence des efforts qui leur sont appliqués, il est commode d'étudier séparément les déformations élastiques, les déformations plastiques et les déformations subpermanentes, en opérant successivement sur différents corps éprouvant exclusivement l'un de ces trois modes de déformation.

La matière dénommée plexigum A, dérivée de l'acide métacrylique, soumise à un effort de traction, puis abondonnée sans charge, n'éprouve pratiquement ni déformation élastique, ni déformation plastique, mais seulement des déformations subpermanentes.

Elle se prête donc bien à l'étude de ces dernières déformations.

Nous avons établi un dispositif expérimental permettant de suivre les déformations d'une éprouvette de traction sans introduire ni résistance parasite ni perturbation.

L'éprouvette placée verticalement est fixée à sa partie supérieure. La partie inférieure est solidaire de l'extrémité d'un fléau de balance en équilibre indifférent. La charge est constituée par un poids fixé à l'extrémité inférieure de l'éprouvette.

Un miroir fixé sur l'axe du fléau envoie sur un tambour enregistreur entraîné par un mouvement d'horlogerie, l'image d'un point lumineux fixe.

Écoulement sous une charge donnée à température constante. — Au moment

---

(2) *Bulletin de Mathématiques pures et appliquées de l'École Polytechnique de Bucarest*, 1937 (sous presse).

(1) Séance du 28 juin 1937.

de l'application de la charge, la vitesse d'allongement est très grande. Elle diminue rapidement. La courbe allongement-temps se détache, dès l'origine, de l'axe des ordonnées.

Dans la série d'essais représentés par les courbes de la figure ci-jointe on a déterminé la déformation en fonction du temps pendant les 19 premières minutes.

L'allongement Y est représenté très exactement par la formule

$$Y = A(p)\,e^{-\frac{\alpha}{t}} + B(p)\,L(1+t).$$

Y, allongement; *e*, base des logarithmes népériens; L, logarithmes népériens; *t*, le temps; $A(p)$ et $B(p)$ sont deux fonctions de la charge p seulement; α est une constante.

Au bout d'une minute d'écoulement, étant donné la valeur de α, cette expression se réduit à

$$Y = A(p) + B(p)\,L(1+t),$$

qui exprime que l'écoulement est freiné par un effort proportionnel au carré de la vitesse

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{B(p)}{(1+t)^2} = -\frac{v^2}{B(p)}.$$

A un instant donné t, les allongements croissent plus vite que la charge p appliquée.

Contraction après suppression de la charge. — A l'instant où l'on supprime la charge, la vitesse de contraction est très grande, mais la courbe se détache instantanément de l'axe des ordonnées.

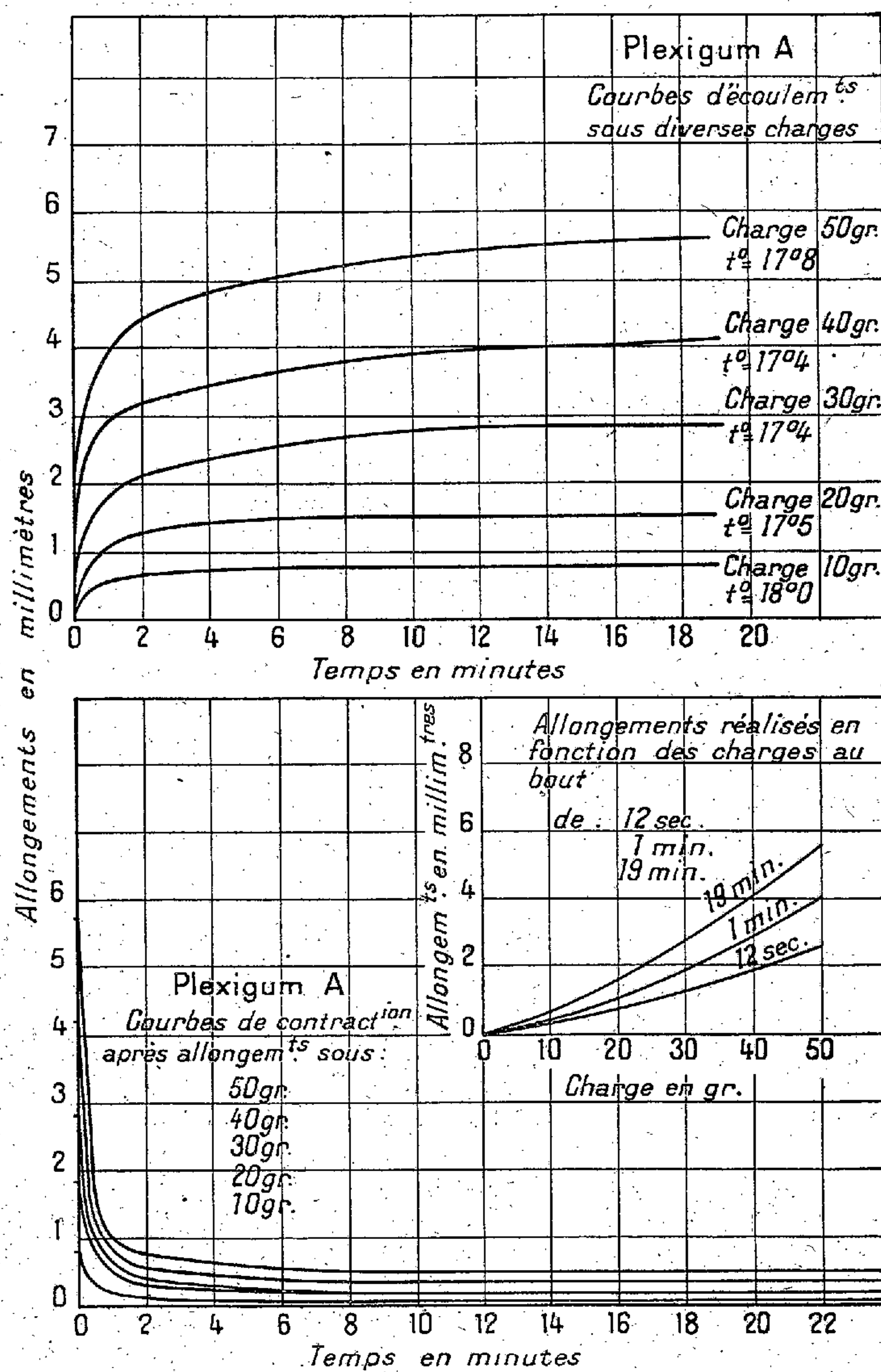
Dans tous les cas, si l'on enregistre les courbes pendant un temps suffisamment long, l'axe des temps devient asymptote de la courbe. Il ne subsiste donc aucune déformation permanente.

La longueur de l'éprouvette à l'instant t après la suppression de la charge est égale à

$$Y = Y_0\left(1 - e^{-\frac{\alpha}{\tau}}\right).$$

Dans cette expression, Y est l'allongement de l'éprouvette, à l'instant τ, allongement par rapport à la longueur initiale au début de l'essai ($\tau = 0$); Y_0 est l'allongement de l'éprouvette au moment de la suppression de l'effort ($\tau = 0$); α est une constante égale à celle qui figure dans l'expression de l'allongement sous charge.

Cette expression montre que l'allongement Y a un instant donné est



Courbes d'écoulement et de contraction en fonction du temps d'une éprouvette en plexigum A, de 140^{mm} de longueur, 24^{mm} de largeur et 1^{mm} d'épaisseur.

proportionnel à l'allongement Y_0 qui existait au moment de la suppression de l'effort.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la constitution du photon considéré comme un dipôle.* Note (¹) de M. **Jean Malfitano**, présentée par M. Aimé Cotton.

La dissymétrie est la caractéristique du photon selon L. de Broglie, qui le considère comme un couple d'un neutrino et d'un anti-neutrino. Cette propriété remarquable devient une dipôlarité électromagnétique, dans les hypothèses de J. L. Destouches, de A. Proca et des autres physiciens qui considèrent le photon comme la réunion d'un positon et d'un négaton. Or, cette considération de la dipolarité du photon suggère une représentation correcte du champ unitaire. Voici un ensemble cohérent de quatre hypothèses qui peut conduire, je crois, à une représentation adéquate de ce champ qui est à la fois le siège des radiations, des attractions positives et négatives et des actions électromagnétiques.

I. Le photon ne peut-il pas être envisagé comme un complexe constitué par la combinaison d'un neutrino, avec, d'un côté, un positon et, de l'autre, un négaton? Cette première hypothèse réunit celles des physiciens précités et l'on pourrait admettre que le neutrino soit l'association d'un négaton et d'un positon, association à tel point intime que le nouveau corpuscule serait presque parfaitement neutre : il resterait toutefois capable de s'associer encore avec un positon et un négaton disposés suivant des sens opposés ou divergents, ce qui correspondrait à l'anti-neutrino. Ainsi nous restituons au photon une masse minime toute d'origine électromagnétique en considérant comme L. de Broglie, l'annihilation de la masse supposée jusqu'ici comme un passage à la limite. Le principe de symétrie de P. Curie reçoit dès lors une signification objective sur laquelle nous fondons la vraisemblance des hypothèses suivantes.

II. Le neutrino ne pourrait-il être considéré comme un polymère, voire un polymère de polymères dont les monomères seraient des photons combinés par juxtaposition de leurs pôles de signes contraires ? Cette deuxième hypothèse expliquerait les variations de masse que la matière subit par effet des radiations émises ou absorbées. Ainsi la distinction entre la matière et l'énergie correspondrait à la différence dans l'état d'agrégation ou de dispersion des mêmes unités qui sont les quanta d'action. Le principe de conservation est ainsi sauvegardé, étant concrétisé, comme A. Boutaric l'a

(¹) Séance du 12 juillet 1937.

proposé, par la constance du nombre des photons et des nombres des corpuscules qui le constituent; alors le principe d'entropie aurait cette signification précise : la probabilité de la dégradation des neutrons et des photons est plus grande que la probabilité de la recombinaison.

III. L'espace-temps, naguère considéré comme le vide rempli par l'éther cosmique, ne peut-il être considéré comme un milieu constitué de photons dispersés, susceptibles par impulsion mutuelle de se communiquer les trois modes de leurs mouvements : rotation, vibration, translation; mouvements qui en réagissant les uns sur les autres se propagent d'autant plus loin que leurs concomitances sont plus probables que leurs interférences ? Cette troisième hypothèse n'est autre que l'explication des faits découverts grâce à la mécanique ondulatoire. Ainsi l'inséparabilité entre les émissions et les ondulations, aussi bien matérielles qu'énergétiques, énoncée par L. de Broglie, devient l'objet d'une représentation adéquate aux problèmes concernant les interactions entre corpuscules doués tous des trois modes du mouvement. Le principe de la constance de la vitesse de la lumière dans le vide parfait semble dès lors explicable en considérant que cette constance n'est propre qu'à la propagation des mouvements des photons libres.

IV. La gravitation universelle, ou attraction newtonienne, ne peut-elle avoir comme cause la formation de lignes de forces contractiles; lignes constituées de photons qui s'attirent, étant orientés de manière à opposer leurs pôles de signes contraires; et ces lignes ne doivent-elles pas relier les pôles de signes contraires des photons combinés dans les neutrons qui constituent les noyaux atomiques ? Cette quatrième hypothèse expliquerait les faits qui concernent les variations de masse avec l'accélération. Ainsi, aussi bien l'analogie que la différence entre la loi de Newton et la loi de Coulomb seraient explicables suivant une représentation analogue à celles des lignes de forces, selon Faraday : deux masses électrisées de mêmes signes se repoussent, parce qu'elles induisent les photons qui les environnent à s'orienter en opposant les pôles de mêmes signes qui, en se repoussant, forment des lignes de forces répulsives; deux masses électrisées de signes contraires s'attirent parce qu'elles induisent les photons à s'orienter, en opposant les pôles contraires qui s'attirent et forment ainsi des lignes de forces contractiles. Dans le cas de portions de matière extérieurement neutres, mais intérieurement constituées de photons dipolaires, ceux-ci induisent les photons libres à s'orienter pour former à la fois des lignes de forces contractiles et des lignes de forces répulsives, mais la probabilité de la formation de lignes contractiles, disposées suivant les deux sens opposés,

est plus grande que la probabilité de la formation de lignes répulsives. Le principe de l'attraction universelle correspondrait à une sorte d'énergie d'échange et comporterait la probabilité, soit de forces centripètes, soit de forces centrifuges; dès lors, la contradiction de ce principe avec l'éloignement des nébuleuses spirales serait éliminée, parce que la formation de lignes centripètes serait d'autant plus probable que le milieu est plus dense; par contre, la formation de lignes centrifuges serait d'autant plus probable que le milieu est moins dense.

Cette représentation du champ unitaire doit être considérée comme une suggestion qu'un chimiste, adonné à l'étude de la complexité structurale de la matière, adresse aux physicomathématiciens; c'est en traduisant ces hypothèses en formules mathématiques que l'on reconnaîtra l'opportunité ou l'inutilité de faire ou de refaire des expériences dont voici les trois principales :

1° Le pouvoir inducteur spécifique du vide est-il différent lorsque l'espace entre les deux armatures est, soit obscur, soit fortement éclairé, soit traversé par des rayons corpusculaires, suivant une direction parallèle aux armatures ?

2° Les effets de deux rayonnements sont-ils différents lorsqu'ils se propagent, dans un cas, sans se rencontrer et, dans l'autre cas, après s'être entrecoupés ?

3° Le poids d'une masse au repos est-il modifié si des faisceaux de rayons, étalés suivant un plan, occupent la verticale de la gravitation ?

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les variations de conductibilité qu'éprouvent les solutions diluées d'acide molybdique, au cours de leur neutralisation.* Note [1] de Mme **Zina Soubarew-Châtelain**, présentée par M. Georges Urbain.

Qu'il s'agisse d'acide molybdique, ou de complexes que forme cet acide avec les sucres, les diagrammes de conductibilité en fonction de la neutralisation présentent deux points singuliers dont le premier, particulièrement net, correspond à deux molécules d'acide molybdique MoO^3 pour une d'alcali M^1OH, et le second à une molécule d'acide molybdique pour deux molécules d'alcali. Le premier point singulier, qui ici nous intéresse spé-

[1] Séance du 28 juin 1937.

cialement, s'obtient avec les bases les plus diverses, les unes très fortes comme les bases alcalines, d'autres plus faibles comme l'ammoniac et l'imidazol, d'autres extrêmement faibles comme l'urotropine (hexaméthylène tétramine) ([2]).

Des hypothèses nombreuses ont été faites au sujet de la constitution des molybdates ([3]). Elles s'appuient en général sur des mesures cryoscopiques de solutions aqueuses d'acide molybdique, ce qui n'a pas grand sens, alors que la plupart de ces solutions présentent l'effet Tyndall ([4]). La position du premier point singulier conduit à supposer : soit l'existence d'un ion tétramolybdique $[3MoO^3, MoO^4]^{--}$, soit celle d'un ion dimolybdique $[Mo^2O^7H]^-$. La première hypothèse est conforme à la théorie à laquelle MM. Travers et Malaprade se sont ralliés.

Je me bornerai ici à justifier l'hypothèse d'un ion dimolybdique en tenant seulement compte des particularités des diagrammes de conductibilité en fonction de la neutralisation progressive par un alcali fort tel que la soude, et des valeurs de pH correspondant aux points singuliers des courbes. Ces courbes ont été tracées à partir de solutions contenant une molécule-gramme de dihydrate $MoO^3 2H^2O$ dans quarante litres d'eau, et qui accusent un pH initial de 1,9. Il s'agit donc d'un acide dont la force est comparable à celle de l'acide chlorhydrique. D'autre part la première branche de la courbe est sensiblement linéaire. Il n'y a donc suivant cette branche ni hydrolyse du sel formé, ni changement de la polymérisation de l'anion molybdique. Ce dernier résultat est corroboré par les apparences spectrales.

Le changement de direction de la courbe des conductibilités se traduit pratiquement par un point anguleux. Si le sel formé était le siège d'une hydrolyse responsable du pH qui est alors de 4,5, on devrait obtenir, en resserrant les mesures, non un point anguleux, mais un point arrondi dont la courbure serait observable. D'autre part ce pH accuse des ions $\underset{+}{H}$ libres qui, eu égard aux considérations qui précèdent, ne peuvent guère provenir d'un anion tel que $[Mo^2O^7H]^-$, où ils seraient particulièrement dissimulés.

La seconde branche de la courbe, nettement curviligne, révèle l'existence d'équilibres. Elle s'arrête à la formation complète du molybdate normal. MoO^4Na^2.

([2]) Dans le cas de l'urotropine on obtient au voisinage du point singulier la précipitation progressive d'un molybdate d'urotropine qui nuit au tracé régulier des courbes.

([3]) A. ROSENHEIM et A. BERTHEIM, *Z. Anorg. Ch.*, 34, 1903, p. 435.

([4]) WOHLER et ENGELS, *Z. Elektrochemie*, 16, 1910, p. 693.

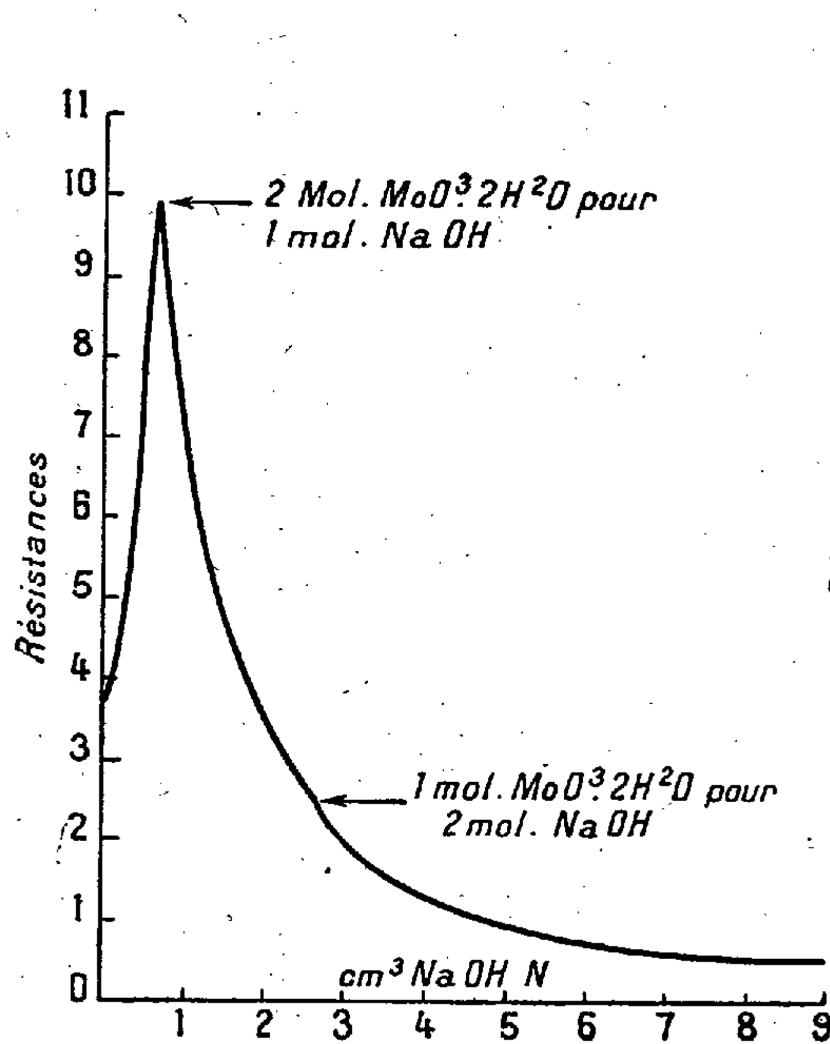


Fig. 1. — Neutralisation de l'acide molybdique par la soude.

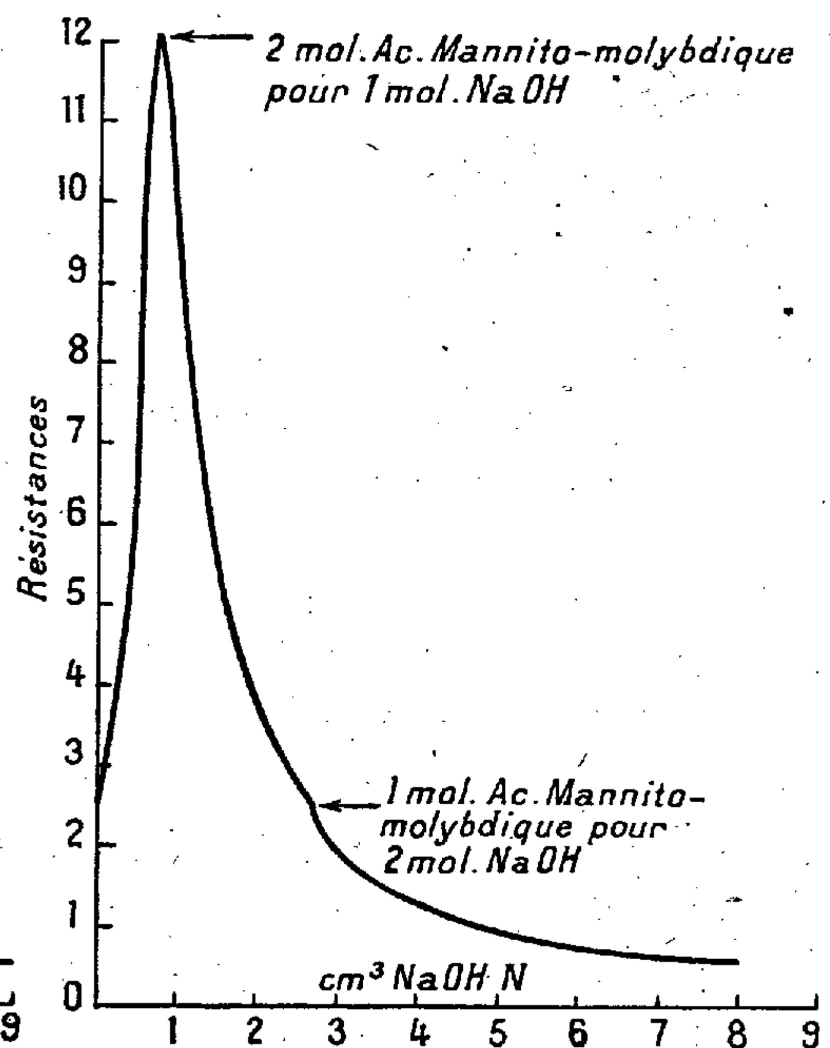


Fig. 2. — Neutralisation de l'acide mannito-molybdique par la soude.

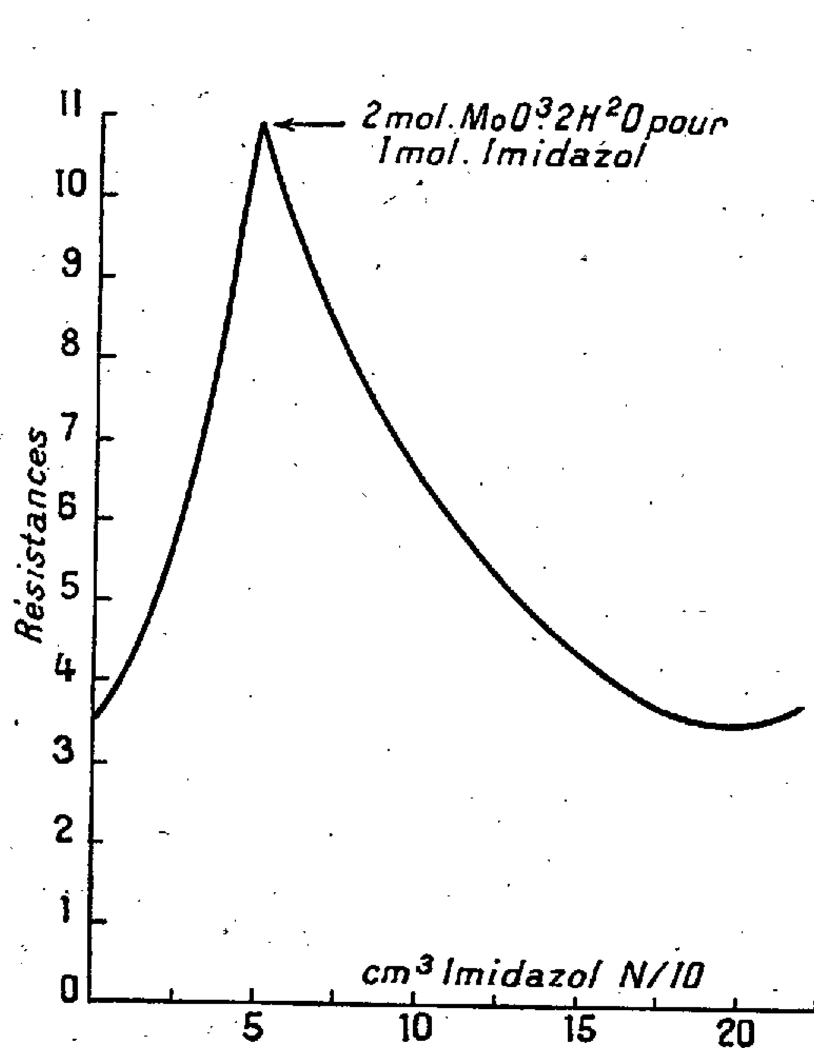


Fig. 3. — Neutralisation de l'acide molybdique par l'imidazol.

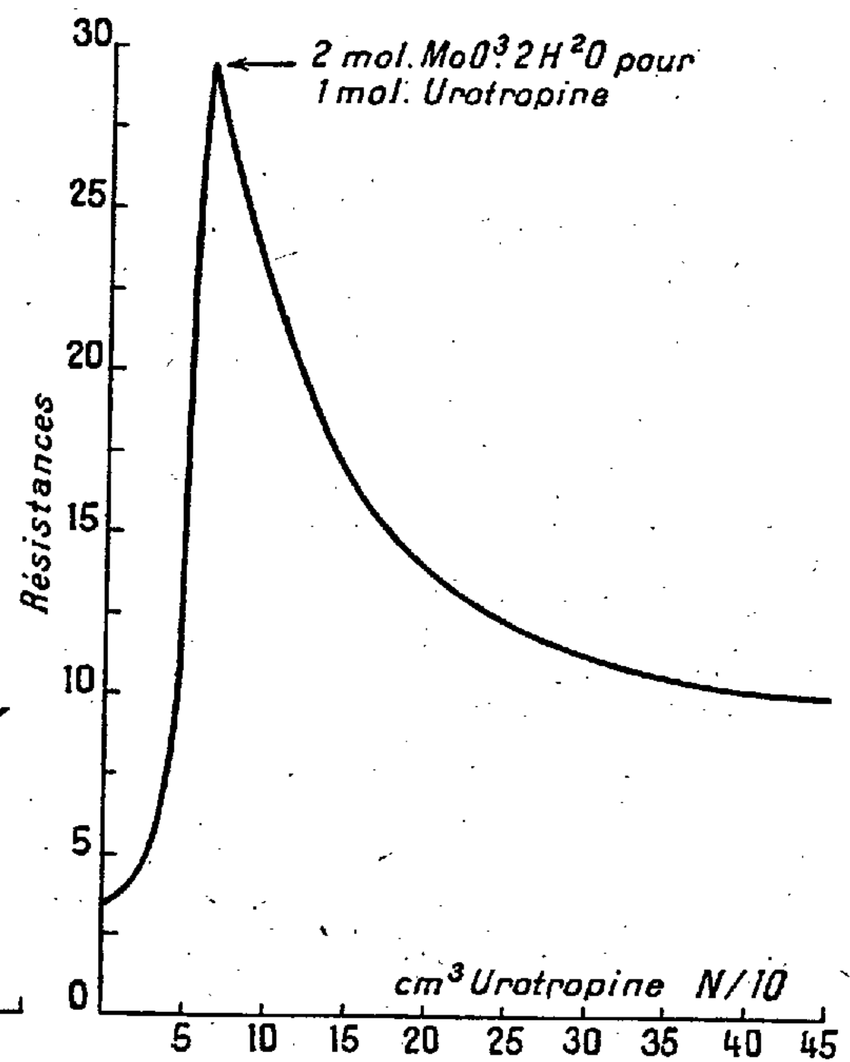
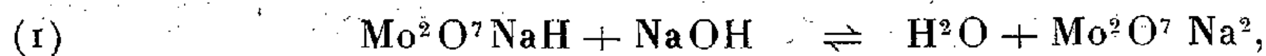
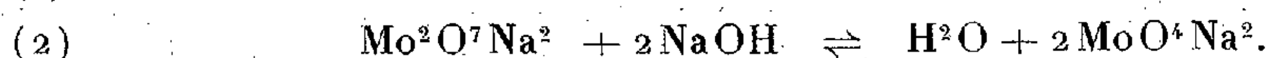


Fig. 4. — Neutralisation de l'acide molybdique par l'urotropine.

Dans notre hypothèse, on peut admettre que, suivant cette branche de courbe se superposent, dans les solutions diluées, les réactions suivantes :



(1) $Mo^2O^7NaH + NaOH \rightleftharpoons H^2O + Mo^2O^7Na^2,$



(2) $Mo^2O^7Na^2 + 2NaOH \rightleftharpoons H^2O + 2MoO^4Na^2.$

Comme Mo^2O^7NaH ne saurait être qu'un acide très faible, le dimolybdate neutre de sodium doit être le siège d'une hydrolyse profonde. Il est, d'autre part, transformé partiellement en molybdate neutre. Par ailleurs les spectres d'absorption ne permettent guère de douter que le dimolybdate neutre prenne naissance avant la transformation en molybdate neutre, terme ultime de l'action des alcalis sur l'acide molybdique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Compléments à la connaissance des électrolyseurs à cathode de mercure.* Note [1] de MM. **O. Dony-Hénault** et **A. de Jaer**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons envisagé [2], dans le fonctionnement des électrolyseurs à cathode de mercure, l'action de l'agitation et celle de la densité de courant sur le rendement lors de l'électrolyse de chlorures alcalins.

L'électrolyseur réalisé avait notamment la particularité de se passer de tout organe extérieur de circulation mercurielle, et cela aussi bien si l'anode est en graphite que si elle est inattaquable.

Aujourd'hui, nous plaçant au point de vue de la force électromotrice nécessaire, nous donnons une solution théorique élémentaire et une solution expérimentale de la question controversée, abordée en premier lieu par Kellner [3]. Est-il possible de réduire la tension d'électrolyse en récupérant, en tout ou en partie, l'énergie de décomposition de l'amalgame au contact d'eau? [4].

On tiendrait à tort pour certain que la mise en série de deux compartiments A et P assure la récupération étudiée [5]. Tel serait évidemment le

(1) Séance du 28 juin 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1177.

(3) Kellner, D. R. P. 70007, 73224.

(4) Voir à ce sujet Allmand et Ellingham, *Principles of Applied Electrochemistry*, London, 1924, p. 400; Foerster, *Elektrochemie wässeriger Lösungen*, 1922, p. 771.

(5) Pour éviter toute confusion, nous appelons A le compartiment où se fait la décomposition du chlorure alcalin et la formation de l'amalgame, et P celui où se décompose l'amalgame et s'engendre l'alcali.

cas si A travaillait au rendement 1, et si tout l'amalgame engendré se retrouvait à chaque instant décomposé en P. Mais l'expérience montre que tel n'est jamais le cas et que, faute d'amalgame en P, une couche noire d'oxyde de mercure s'y forme sur la surface mobile du mercure, capable d'entraver à la fois là marche de A et de P.

Pour combattre cet inconvénient, Castner dérive une partie du courant dans un shunt, suivant le schéma (*fig.* 1).

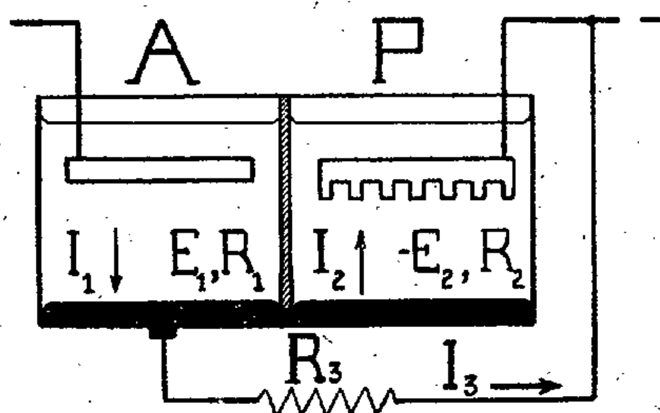


Fig. 1. — Schéma de la cellule Castner.

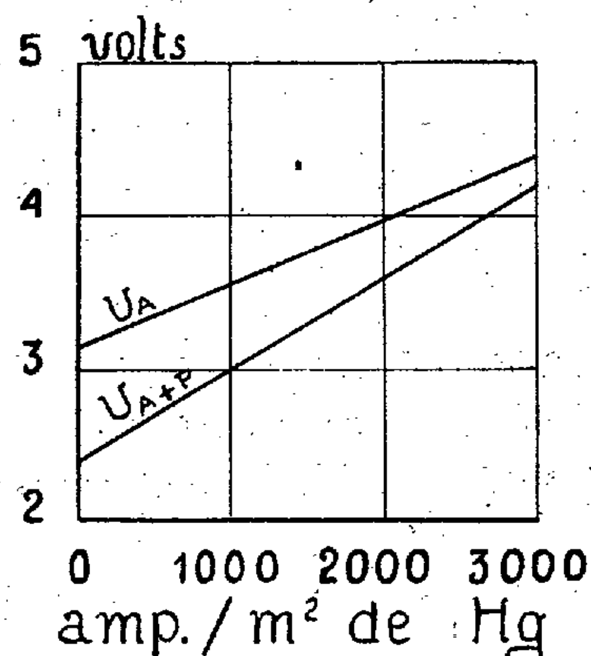


Fig. 2. — Tensions relevées sur un électrolyseur à Na Cl. Anode de graphite. Cathode de fer.

Faisons l'hypothèse que la différence de potentiel aux bornes du compartiment A puisse s'écrire

$$U_A = E_1 + R_1 I_1.$$

De même, aux bornes du compartiment P, on aura

$$U_P = -E_2 + R_2 I_2,$$

en appelant E_1 la force contre-électromotrice de l'électrolyseur à amalgame A, et $-E_2$ la force électromotrice de la pile à amalgame P. On voit que

$$U_P = R_3 I_3 \quad \text{et} \quad I_1 = I_2 + I_3.$$

Pour qu'il n'y ait pas d'oxydation du mercure, il faut que I_3 ait une valeur positive $I_3 > 0$.

Pour qu'on récupère une partie de la tension dépensée en A, il faudra que

$$U_{A+P} < U_A \quad \text{ou} \quad U_P < 0 \quad \text{ou} \quad R_3 I_3 < 0.$$

On voit donc que, si l'on veut récupérer de la tension, il faudra que I_3 soit négatif, donc qu'il y ait oxydation du mercure.

Nous allons montrer qu'il est possible de réaliser expérimentalement un système d'électrolyse où une récupération partielle est effectivement obtenue : il consiste à associer à l'ensemble $A+P$, mais où le shunt R_3 est supprimé, une petite cellule auxiliaire. Celle-ci ne produit que de l'amalgame riche et le débite dans le compartiment A, d'où il est transporté par l'agitation en P. On compense ainsi le déficit d'amalgame. Dans ces circonstances on constate que non seulement le mercure ne se voile pas en P, mais que l'oxyde noir formé fortuitement par places se réduit en mercure sous l'influence de l'amalgame alcalin.

Nous avons réalisé ce principe en associant un électrolyseur à anode de graphite, capable de 40 ampères, à une petite cellule fabriquant de l'amalgame riche, et ne consommant que 6 ampères. La même réalisation pourrait se faire (dans le cas d'un rendement de 90 pour 100) avec une cellule à amalgame riche pour 9 cellules à anodes de graphite de même capacité.

Exemple expérimental. — La figure 2 donne les tensions U_A et U_{A+P} pour une cellule à NaCl en fonction de la densité de courant. En admettant pour le compartiment A, un rendement de 90 pour 100, l'économie d'énergie se calcule aisément et l'on a

Densité de courant (amp./m²)........	0.	1000.	2000.	3000.
Économie d'énergie (°/₀)...........	21,4	12,7	8,0	4,1

Dans notre dispositif, l'impossibilité d'introduire l'amalgame d'appoint près de l'axe de l'agitateur était une condition défavorable que l'on pourrait faire disparaître dans un appareil de plus grandes dimensions, car un plus long parcours favoriserait la dispersion de l'amalgame d'appoint.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des alliages du fer avec le ruthénium et l'osmium.* Note [1] de M. **Maurice Fallot**, transmise par M. Pierre Weiss.

Des alliages contenant jusqu'à 20 pour 100 [2] des métaux rares ont été préparés : l'état α ferromagnétique [3] existe de 0 à 14 pour 100 de ruthénium et de 0 à 11 pour 100 d'osmium.

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) Tous les titres indiqués sont des titres atomiques.

(3) J'appelle état α celui du cube centré, et γ celui du cube à faces centrées.

Les points de Curie, les points de transformation et les moments ferromagnétiques ont été déterminés. Dans l'ensemble, l'analogie est complète entre les propriétés de ces deux séries d'alliages.

Les points de Curie sont réversibles et diminuent rapidement lorsque la teneur en élément rare augmente. Ces diminutions, 16°C par atome de ruthénium et 11°C par atome d'osmium introduits, sont les plus fortes que l'on observe parmi les alliages du fer ([4]). Toutefois le taux de variation est inférieur à celui de la transformation irréversible $\alpha \rightleftharpoons \gamma$; si bien qu'à partir d'un titre relativement peu élevé, les alliages présentent les caractères bien connus des ferronickels irréversibles.

En particulier, dès que la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ a lieu à une température inférieure à celle du point de Curie, l'état α paramagnétique ne peut plus s'observer que par échauffement de l'alliage à partir de son état ferromagnétique, car lors du refroidissement à partir des hautes températures, on passe sans intermédiaire de l'état paramagnétique γ à l'état ferromagnétique α. Ce fait se produit dès qu'il y a plus de 3 pour 100 de ruthénium, et plus de 1,5 pour 100 d'osmium.

Pour les titres plus élevés, il arrive un moment où le point de Curie ferromagnétique n'est plus observable directement : la disparition de l'aimantation spontanée n'est plus due à l'annulation du champ moléculaire dans le réseau α, mais à la transformation de ce réseau α en réseau γ. De tels alliages se rencontrent au-dessus de 10,5 pour 100 de ruthénium et de 4,5 pour 100 d'osmium.

Les figures 1 et 2, se rapportant respectivement au ruthénium et à l'osmium, montrent le début et la fin des transformations $\alpha \rightarrow \gamma$ et $\gamma \rightarrow \alpha$; chacune de celles-ci couvre un intervalle de température d'autant plus grand que le titre est plus élevé.

Dès que la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ se produit à des températures inférieures à 600°C, elle devient incomplète. Il en résulte un déficit dans l'aimantation : on remarque, sur les figures, la chute rapide de la courbe représentant la variation des moments magnétiques à partir de 9 pour 100 environ pour le ruthénium et de 7 pour 100 environ pour l'osmium.

Pour les faibles teneurs en osmium, le moment atomique moyen diminue linéairement en fonction du titre; la pente de la droite représentative est $-8{,}0$; au contraire, dans les alliages avec le ruthénium, dans le même intervalle de concentrations, le moment moyen demeure inchangé. Un tel

([4]) M. Fallot, *Ann. de Phys.*, 6, 1936, p. 305.

fait, signalé par Sadron [5] pour les alliages nickel-palladium, est unique parmi les solutions solides dans le fer. L'interprétation qui convenait pour les alliages de nickel, consistant à attribuer un moment ferromagnétique identique aux éléments situés dans une même colonne de la classification

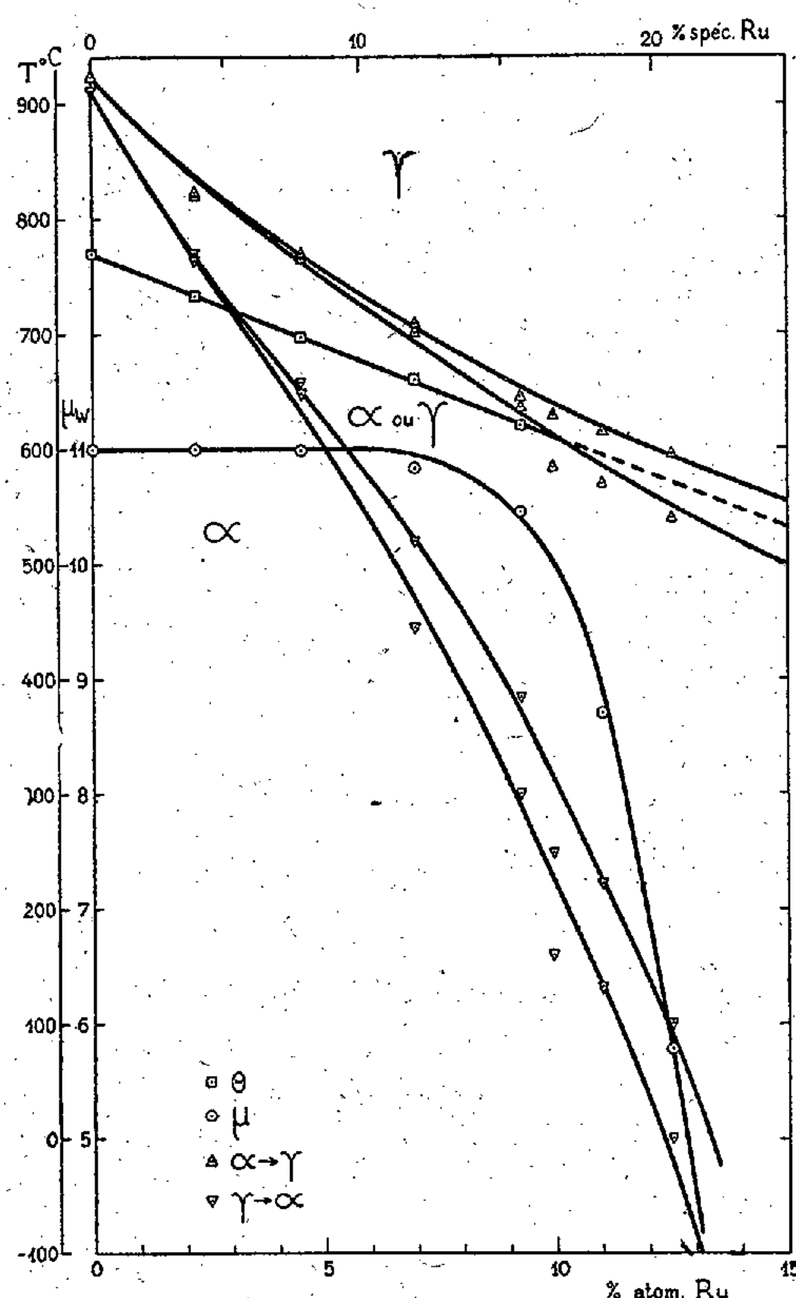


Fig. 1. — Fer-ruthénium.

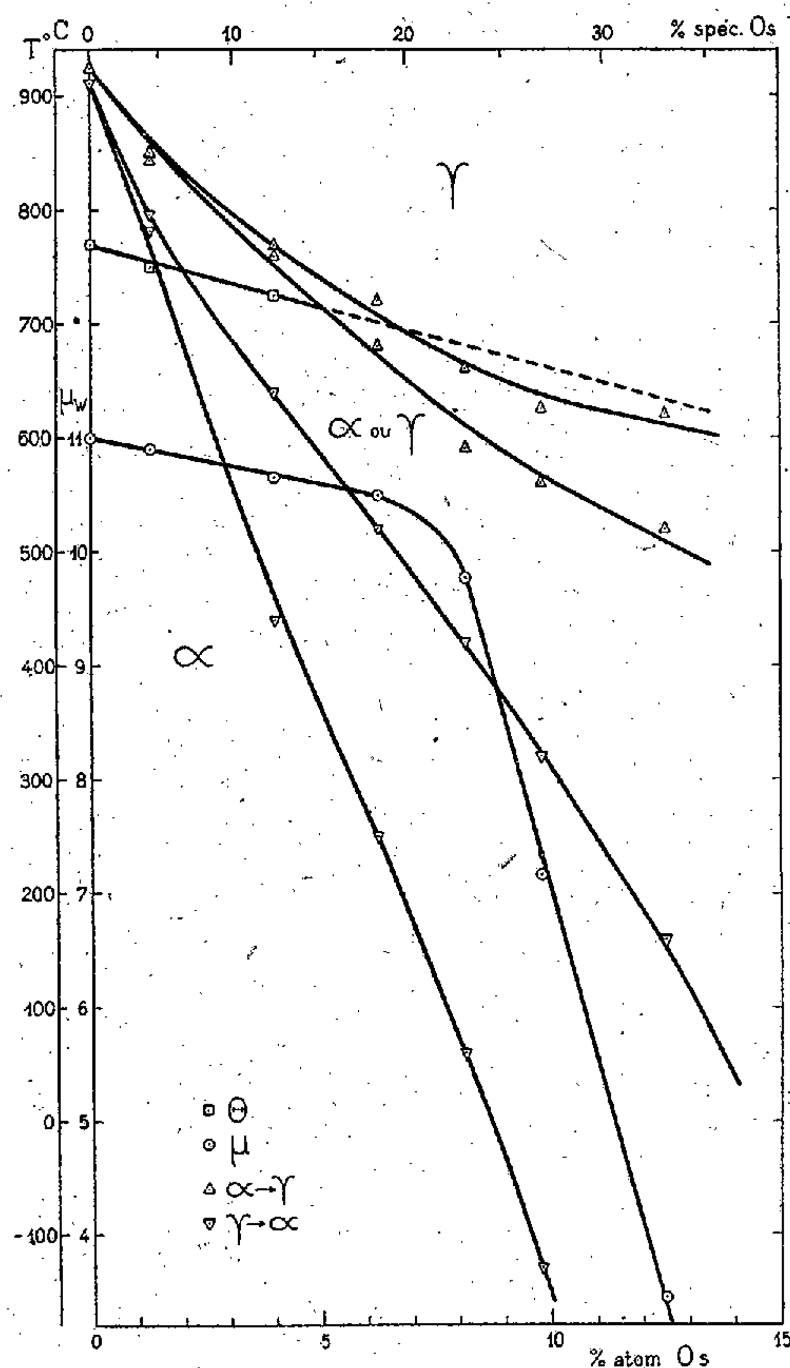


Fig. 2. — Fer-osmium.

Pour la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$, la courbe inférieure en marque le début et la courbe supérieure, la fin. — Pour la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, la courbe supérieure en marque le début et la courbe inférieure, la fin.

périodique, n'est pas valable dans le cas actuel, étant donné que le ruthénium et l'osmium, tous deux dans la même colonne que le fer, se comportent quantitativement de façons différentes. Ces deux éléments cristallisent en outre dans le même système hexagonal compact, avec des paramètres très voisins. Les variations de moment moyen trouvées doivent

[5] *Ann. de Phys.*, **17**, 1932, p. 371.

donc être attribuées à des variations du moment des atomes de fer eux-mêmes : dans les deux types d'alliages, certains atomes Fe auraient leur moment augmenté par le voisinage des atomes étrangers, de façon analogue aux augmentations trouvées dans les alliages de fer contenant de l'or, du zinc, de l'étain ou du platine ([6]).

OPTIQUE. — *Biréfringence du quartz dans l'ultraviolet lointain et la région de Schumann.* Note ([1]) de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

La biréfringence du quartz était connue dans l'ultraviolet jusqu'à 1850 Å environ. J'en ai poursuivi l'étude dans la région de Schumann au moyen du spectropolarimètre dans le vide que j'ai décrit ([2]). Il m'a été possible ainsi d'aller jusqu'à la limite pratiquement imposée par l'opacité des lames cristallines utilisées, soit 1450 Å.

D'autre part, j'ai repris les mesures à partir de 2300 Å afin de contrôler les anciennes déterminations qui comportent, comme l'a signalé W. R. C. Coode Adams ([3]), une imprécision sur les longueurs d'onde.

Les méthodes employées ont été déjà indiquées ([4]); j'ai utilisé en particulier les spectrogrammes à franges obliques obtenus avec des lames taillées en biseau (ex. : $\theta = 0^\circ,5$, $e_{\text{moy.}} = 0^{\text{mm}},19$). Les résultats ont été concordants pour trois lames différentes. Voici les valeurs de la biréfringence $n_e - n_0$ fournies par l'expérience pour la température de 18° :

I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
2347,3	11,51	2209,7	11,97	2098,7	12,45	2007,8	12,95
1932,5	13,46	1869,5	13,99	1814,9	14,52	1768,0	15,05
1728,4	15,61	1692,7	16,16	1661,9	16,72	1634,1	17,29
1609,1	17,85	1586,2	18,42	1566,3	18,99	1547,8	19,57
1530,8	20,14	1515,2	20,72	1501,6	21,31	1488,3	21,89
1476,2	22,47	1465,4	23,06	1454,6	23,64		

I, longueurs d'onde dans le vide en Å; II, $(n_e - n_0) \times 10^3$.

([6]) M. Fallot, *loc. cit.* et *Ann. de Phys.*, 7, 1937, p. 420.

([1]) Séance du 5 juillet 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 311.

([3]) *Proceedings of the Royal Society*, London, **117** A, 1928, p. 209, et **121** A, 1928, p. 476.

([4]) Cf. R. Servant, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1771.

On constate tout d'abord qu'au-dessus de 1850 Å on retrouve exactement pour la biréfringence les valeurs que l'on peut tirer des anciennes déterminations de Gifford par exemple. Cela tient sans doute à ce que dans ces anciennes mesures, l'imprécision sur la longueur d'onde qui peut affecter notablement les valeurs individuelles de n_0 et n_e, comme l'a indiqué Coode Adams, n'affecte sensiblement pas leur différence. De plus, on voit que *dans la région de Schumann l'accroissement de biréfringence devient très grand*. Il est particulièrement visible quand on construit une courbe donnant les valeurs de la biréfringence depuis 6000 Å.

J'ai cherché si les formules que Coode Adams avaient données pour la dispersion des indices n_0 et n_e du quartz (en liaison avec celle de dispersion rotatoire établie par T. M. Lowry et lui-même) s'appliquaient encore dans la région de Schumann. On trouve les résultats suivants :

Longueurs d'onde en Å......	2210.	2099.	1932.	1515.	1454.
$(n_e - n_0) \times 10^3$ observé.....	11,97	12,45	13,46	20,72	23,64
$(n_e - n_0) \times 10^3$ calculé.....	11,96	12,41	13,32	18,59	20,32

On voit que ces formules donnent encore l'ordre de grandeur de la biréfringence, mais que les valeurs fournies sont trop faibles. Les résultats expérimentaux obtenus pour la région de Schumann amènent à modifier ces formules.

Cette étude sera complétée par l'examen de la dispersion rotatoire du quartz dans la même région.

RAYONS X. — *Émission de rayons de Rœntgen par des tubes à vide, de très petites dimensions, soumis à un courant de haute fréquence.* Note (¹) de M. LUCIEN MAILLET, présentée par M. Charles Fabry.

Lorsqu'on vide suffisamment de son contenu gazeux un simple tube de verre, jusqu'à une pression de l'ordre de 8 baryes, les molécules du gaz résiduel soumises à des oscillations de haute fréquence et de haute tension provoquent un afflux cathodique qui donne naissance à des rayons de Rœntgen assez pénétrants et suffisamment intenses pour traverser les parois du tube et être révélés par les phénomènes de fluorescence, de noircissement photographique et de décharges des corps électrisés.

---

[1] Séance du 5 juillet 1937.

Cette émission de rayons apparaît sans qu'il y ait aucune électrode métallique à l'intérieur du tube à vide.

La dimension longitudinale du tube est de l'ordre de la distance explosive de l'étincelle correspondant à la différence de potentiel du champ électrique de haute fréquence.

Nous avons pu établir des tubes de 2^{cm} de long et d'un diamètre de 3^{mm}, vidés sur le néon, émettant des radiations de Rœntgen parfaitement décelables. L'émission de ce rayonnement s'opère sur toute la longueur du tube; elle est cependant plus intense au voisinage de l'arrivée du courant de haute fréquence. Si l'on approche le tube d'un champ magnétique, le faisceau cathodique en est dévié. L'émission de radiations est plus intense et plus régulière lorsque le tube entre en contact avec la terre par son extrémité libre.

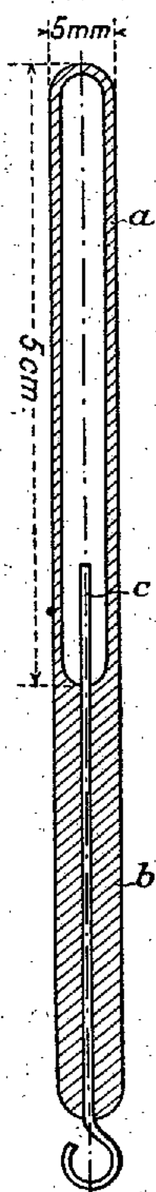
Tubes pourvus d'une seule électrode en relation avec le courant de haute fréquence. — Nous avons établi une série de modèles de tubes, de dimensions très réduites, entre 2 et 6^{cm} de longueur et un diamètre de l'ordre de 3 à 5^{mm}, mais pourvus, à l'intérieur, d'un conducteur en nickel constitué par un simple fil de 1^{cm} de longueur environ. Dans ces conditions, l'émission de rayons de Rœntgen s'accroît beaucoup en intensité et le rayonnement peut être étudié très aisément par les méthodes ionométriques. Des tubes d'une longueur de 5^{cm} émettent un rayonnement surtout intense au voisinage de l'électrode.

En utilisant un courant de haute fréquence d'une longueur d'onde d'environ 200^{m} porté à une tension de 40 kV, nous avons obtenu une émission de rayons correspondant à 10 unités rœntgen internationales par heure, à une distance de $2^{cm},5$ de l'axe du tube. Ce rayonnement est comparable en intensité à celui d'un tube de 20^{mg} de radium élément, filtrés par 2^{mm} de platine. La pénétration de ce rayonnement de rœntgen correspond sensiblement à un coefficient de $0^{\mu},345$; ce rayonnement est absorbé de moitié par 2^{mm} d'aluminium. La longueur d'onde moyenne d'un tel rayonnement est de l'ordre de 0,3 Å.

Ces radiations provoquent des effets de fluorescence assez intenses sur le platino-cyanure de baryum, sur le tungstate de calcium et de cadmium, le sulfure de zinc, etc. Si sur le trajet de ces radiations on interpose des substances de poids atomiques différents, les corps absorbent suivant leur densité et l'on obtient des effets de contraste tout à fait nets et de véritables radiographies. On peut ainsi, avec une exposition de 5 minutes et une

distance de 10^{cm} entre le tube et le film, obtenir une image du squelette de la main.

Le fonctionnement de ces petits tubes est assez constant; ils peuvent émettre pendant des heures du rayonnement de Rœntgen sans que le vide intérieur se modifie notablement et sans qu'il y ait d'échauffement appréciable. Ils peuvent être saisis avec la main sans qu'on éprouve de phénomène faradique ou de décharge électrique pour une tension de l'ordre de 30 ou 40000 volts. On peut revêtir ces tubes de verre de gaines de caoutchouc, ce qui contribue à améliorer encore leur fonctionnement par suppression des phénomènes d'effluvation.



Il est possible d'améliorer l'émission des rayons en déposant à l'intérieur par pulvérisation cathodique des métaux de poids atomique élevé. Le choix du gaz résiduel a aussi son importance, et il y a avantage à employer ceux à poids atomique élevé, tel que le xénon.

Ces types de tubes émetteurs de rayons de Rœntgen peuvent avoir un

certain nombre d'applications dans le domaine radiographique et radiothérapique. Les petites dimensions de ces tubes permettent de les introduire dans les cavités du corps humain, et l'on peut ainsi pratiquer des radiographies dans des conditions différentes des ampoules radiogènes ordinaires.

CHIMIE PHYSIQUE MINÉRALE. — *La décomposition de l'eau oxygénée en présence d'un complexe cobalticitrique comme catalyseur.* Note [1] de M. **Mordechai Bobtelsky** et de M[lle] **Mélanie Rappoport**, présentée par M. Georges Urbain.

On prépare une solution de catalyseur cobalticitrique (Co dans l'anion) qui soit en même temps stable et très actif pour la décomposition de H^2O^2, en opérant à froid, avec une solution qui contient un sel cobalteux, du citrate trisodique et de l'eau oxygénée. La formation du catalyseur, aussi bien que la décomposition de l'H^2O^2, exigent un certain temps.

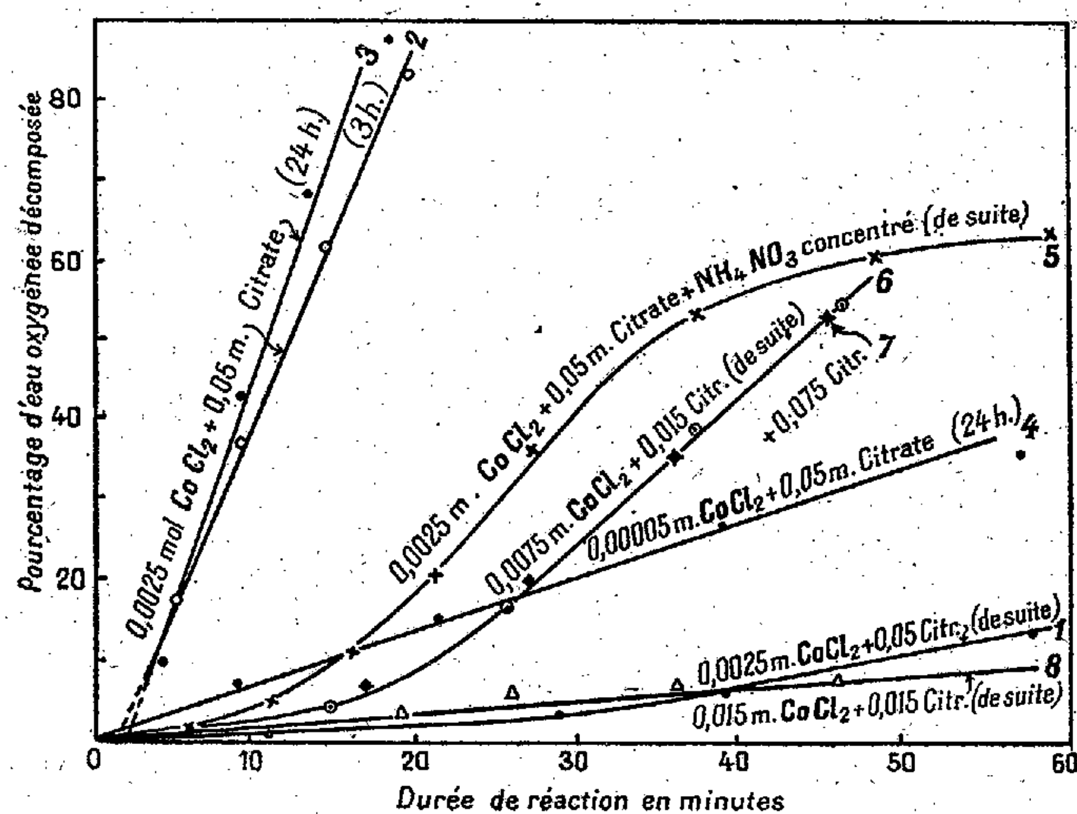
La technique expérimentale a été décrite [2]. Les réactifs utilisés étaient purs. Le citrate trisodique utilisé, même en solution concentrée, ne décomposait pas l'H^2O^2. Température de réaction 15°C. ($\pm$ 0°,1); volume 20^{cm^3}.

Des essais avec l'ion Co^{++} et H^2O^2 fournirent le résultat suivant : l'ion $[Co(H^2O)^n]^{++}$ est inactif. Des additions de solutions très concentrées de chlorure, nitrate ou sulfate d'ammonium n'augmentent pas l'activité de l'ion cobalteux. Mais, d'autre part, on a des effets nets de *catalyse par complexes* en remplaçant le chlorure d'ammonium par un bromure alcalin. Les ions $[Co(NH^3)^n]^{++}$ donnent, en présence de solutions concentrées de sels d'ammonium, des effets catalytiques très forts. Or tous ces effets sont assez faibles en comparaison avec ceux de l'*anion cobalticitrique*, lequel, même à une concentration de 1.10^{-6} mol/l. de sel de Co en solution, décompose à la température ambiante H^2O^2 quantitativement en quelques minutes. En mélangeant une solution de $CoCl^2$ avec un excès de citrate trisodique dissous, on obtient d'abord un complexe *cobalt*o*citrique* dans lequel le Co^{II} ne peut plus être décelé à la soude caustique. En présence de H^2O^2 se forme lentement le complexe *cobalt*i*citrique*. La limite

(1) Séance du 14 décembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 604-606.

inférieure nécessaire pour la formation de l'*anion* cobalticitrique est, pour le citrate trisodique, moins de 1^mol de $CoCl^2$ pour 1^mol de citrate (2 Co : 3 citrate?). Avec des valeurs *plus grandes* du rapport $CoCl^2$: *citrate*, l'action catalytique tombe brusquement à zéro. De grands excès de citrate n'ont, d'autre part, pas d'influence. Durant la décomposition catalytique de H^2O^2 aucun changement de valence n'a lieu au sein du catalyseur, qui conserve sa couleur verte sans changement et qui peut servir à des réactions ultérieures. Des solutions neutres concentrées [de NH^4Cl, NH^4NO^3, $(NH^4)^2SO^4$] augmentent la vitesse de formation du catalyseur (à température ordinaire), mais le transforment d'autre

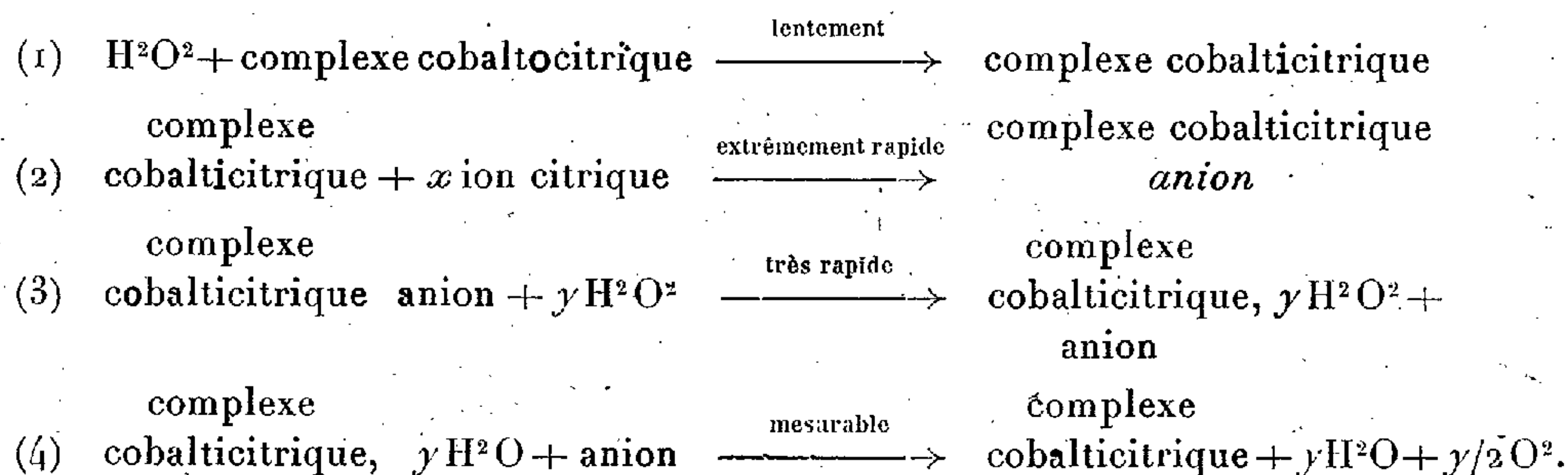


part, au bout de quelques heures, complètement en une *forme bleue inactive*. Afin de fixer les idées, nous donnons la description de huit essais faits à 15°C. ($\pm$ 0°,1); volume 20^cm³.

Essai.	$CoCl^2$.		Citrate.		H^2O.	H^2O^2.	
	cm³	mol	cm³	mol	cm³	cm³	mol
1 à 3	0,5	0,1	10	0,1	8,5	1	1,64
4	1	0,001	10	0,1	8	1	1,64
5 (¹)	0,5	0,1	1	1	2,5	1	1,64
6	1,5	0,1	3	0,1	14,5	1	1,64
7	1,5	0,1	15	0,1	2,5	1	1,64
8	3	0,1	3	0,1	13	1	1,64

(¹) De plus, +15^cm³ de $NH^4NO^3.6n$.

Détails sur la technique opératoire. — Essai 1, mesuré de *suite* après l'addition d'eau oxygénée; essai 2, après 3 heures de dégagement libre d'oxygène, on ajouta encore 1^{cm^3} H^2O^2 $1^{mol},64$ et l'on mesura alors le dégagement gazeux; essais 3 et 4, on ajouta le dernier centimètre cube H^2O^2 après 24 heures de dégagement libre d'oxygène et l'on mesura; essais 5 à 8, mesuré comme 1 (de suite). Les résultats sont donnés par le diagramme ci-dessous. Le schéma des réactions étudiées est



CHIMIE PHYSIQUE ORGANIQUE. — *Moments électriques de quelques dinitriles aliphatiques.* Note [1] de M. **Pierre Trunel**, présentée par M. Georges Urbain.

On a vu [2] que les mesures de moments électriques permettent dans certains cas l'étude de l'interaction des groupements les uns sur les autres dans une même molécule. C'est dans ce but qu'est poursuivie l'étude des composés du type $A—(CH^2)^n—A$, dans lesquels A représente un groupement quelconque.

Des mesures de moments électriques ont déjà été effectuées à cette fin dans les cas suivants : diols [3], dibromures [4], diesters [5], diamines [5]. Le but de la présente Note est l'étude des dinitriles $CN—(CH^2)^n—CN$.

Les mesures de moments ainsi que les calculs ont été effectués exactement de la même manière que lors d'un précédent travail [2]. Les valeurs trouvées sont rassemblées dans le tableau suivant :

---

(1) Séance du 12 juillet 1937.
(2) P. Trunel, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 563.
(3) C. P. Smyth et W. S. Walls, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p, 2115.
(4) C. P. Smyth et S. E. Kamerling, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2988.
(5) C. P. Smyth et W. S. Walls, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 527.

	Polarisation totale.		Moment en D.			
	$P_{25°}$.	$P_{75°}$.	$\mu_{25°}$.	$\mu_{75°}$.	$\mu_{calc.}$	$\mu_{calc.} - \mu_{mes. 25°}$.
Propionitrile........	279	242	3,56 ([6])	3,57	—	—
Dinitrile en C^3......	275	245	3,55	3,61	4,11	0,56
» C^4......	340	294	3,93	3,93	4,75	0,82
» C^5......	342	308	3,91	3,99	4,94	1,03
» C^6......	288	265	3,54	3,66	5,01	1,47
» C^7......	382	356	4,10	4,26	5,03	0,93
» C^9......	443	397	4,39	4,47	5,03	0,64
» C^{10}.....	467	426	4,47	4,59	5,03	0,56

Les valeurs portées dans l'avant-dernière colonne du tableau représentent les moments calculés en admettant un état de libre rotation complète pour les liaisons C — C par application d'une formule déjà donnée ([2]).

Dans la dernière colonne sont notées les différences entre les moments ainsi calculés et les moments mesurés à 25°. Il ressort de l'examen de ce tableau :

1° Que les moments mesurés sont toujours plus petits que les moments calculés. Ce fait peut s'expliquer simplement si l'on admet que toute interaction entre groupements identiques tend à donner à ces groupements une orientation opposée. Le moment moyen qui en résulte sera donc compris entre la valeur correspondant à la libre rotation et la valeur zéro correspondant à une orientation rigoureusement opposée des groupements CN. Ce moment sera donc plus petit que le moment calculé en admettant la libre rotation complète.

2° Pour la même raison, il semble logique de considérer la valeur $\mu_{calc.}$-$\mu_{mes.}$ comme une fonction de l'interaction entre groupements CN. Sans pour cela admettre qu'il y ait un rapport simple entre cette valeur et l'interaction, on peut penser cependant qu'à une augmentation de l'interaction correspond une augmentation de cette valeur et réciproquement. L'interaction entre les groupements CN semble donc, lorsque le nombre d'atomes de carbone augmente, croître régulièrement, atteindre un maximum pour C^6, puis décroître ensuite.

Il en est tout autrement pour les dibromures chez lesquels l'interaction décroît au fur et à mesure que le nombre d'atomes de carbone augmente.

([6]) E. G. Cowley et J. R. Partington, *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 604, trouvent $\mu_{20°} = 3,57$, en très bon accord avec cette mesure.

Cette différence de comportement entre ces deux séries de corps peut sembler surprenante. Il aurait pu se faire que les nitriles étudiés soient plus ou moins polymérisés ou associés. Dans le but de vérifier l'état de ces nitriles, j'ai effectué leur cryoscopie dans le benzène, solvant déjà employé dans les mesures de constantes diélectriques. Les résultats ont été les suivants :

Nombre n d'atomes de C	3.	4.	5.	6.	7.	9.	10.
Poids moléculaire trouvé	66	80	92	121	120	154	152
Poids moléculaire calculé	66	80	94	108	122	150	164

On voit que les dinitriles ont en général un poids moléculaire normal si l'on fait exception cependant pour le dinitrile en C^6 qui accuse une augmentation apparente de P. M. de 12 pour 100 environ.

Ainsi donc il semble que les variations du moment électrique des dinitriles en fonction de la longueur de la chaîne ne soient pas imputables à des phénomènes de polymérisation ou d'association. Peut-être l'explication de ces variations réside-t-elle dans l'existence possible de formes enroulées pour les molécules à longues chaînes. Quoi qu'il en soit, il serait intéressant de connaître le moment de quelques dinitriles homologues supérieurs avant d'opter pour une hypothèse quelconque.

3° Enfin la différence assez importante qui existe entre les mesures de moments à 25 et 75 degrés confirme bien ce fait que les molécules de dinitriles possédent des liaisons partiellement bloquées. On sait en effet qu'une molécule en état de libre rotation complète possède un moment indépendant de la température.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Chlorométhylation de l'aldéhyde anisique; passage au méthoxy-1 méthylol-2 méthylal-4 benzène.* Note [1] de MM. **Raymond Quelet** et **Jean Allard**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'aldéhyde salicylique, chauffé avec un mélange de formol et d'acide chlorhydrique, donne un dérivé chlorométhylé à partir duquel Stoermer et Behn [2] ont préparé l'hydroxy-1 méthylol-2 méthylal-4 benzène. Il était, par suite, à prévoir que les aldéhydes méthoxybenzoïques

---

(1) Séance du 12 juillet 1937.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 32, 1901, p. 2455.

se préteraient à la réaction de chlorométhylation que nous avons utilisée pour réaliser la synthèse du chlorure d'anisyle et de ses homologues.

L'aldéhyde anisique que nous avons étudié à ce point de vue nous a donné des résultats très satisfaisants qui donnent la possibilité d'ouvrir une nouvelle voie de synthèse des aldéhydes alcools à fonction éther-oxyde phénolique difficilement accessibles par méthylation des phénols correspondants obtenus par la méthode de Stoermer et Behn.

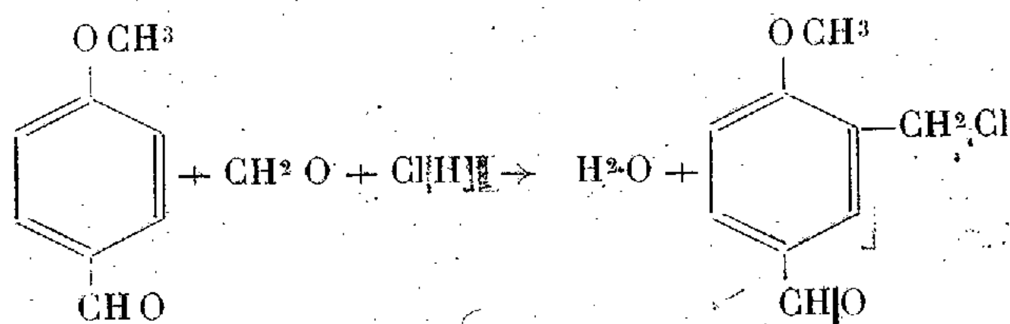
Cette chlorométhylation se réalise très lentement en saturant par le gaz chlorhydrique un mélange d'aldéhyde anisique et de formol maintenu à la température ordinaire; elle acquiert une vitesse appréciable lorsqu'on porte le mélange à 80°, mais elle ne devient réellement intéressante que lorsqu'on opère en présence de chlorure de zinc.

Le mode opératoire qui nous a donné les meilleurs résultats est le suivant :

On sature par un rapide courant de gaz chlorhydrique un mélange bien agité de 272^g (2^{mol}) d'aldéhyde anisique, 200^g de formol à 40 pour 100 et de 100^g de chlorure de zinc. La température atteint rapidement 90° et la saturation est terminée au bout d'une heure. Après lavage à l'eau chaude, on obtient 340^g d'un produit solide qui titre 95 pour 100 en dérivé chlorométhylé.

Les impuretés sont constituées vraisemblablement par des dérivés diphényl ou triphénylméthaniques qui s'oxydent à l'air en donnant des produits fortement colorés qu'il est pratiquement impossible d'éliminer par cristallisations fractionnées.

Par distillation sous pression réduite, on isole le chlorure pur, $Éb_5$: 150-155°, qui cristallise en aiguilles fondant à 60°. C'est le méthoxy-2-méthylal-5-α-chlorotoluène : $C^9H^9O^2Cl$, qui prend naissance d'après la réaction



Analyse. — Cl pour 100, trouvé 18,97, calculé pour $C^9H^9O^2Cl$ 19,24.

Oxydé à chaud par le permanganate à 5 pour 100, il fournit l'acide para-méthoxyisophtalique, F. 273-275°; il donne une semicarbazone, F. 192-193°.

Comme la distillation sous pression réduite s'accompagne d'une décomposition importante du produit et comme, d'autre part, les traces d'impuretés ne gênent pas, il est avantageux, pour les usages courants, d'employer le produit brut sommairement purifié par une cristallisation dans l'alcool et fondant vers 55°.

C'est ce produit que nous avons utilisé pour réaliser la synthèse du méthoxy-1 méthylol-2 méthylal-4 benzène ($C^9H^{10}O^3$) et de quelques-uns de ses éthers-oxydes.

On chauffe pendant 20 heures à l'ébullition un mélange de 45g de chlorure brut, 20g de carbonate de potassium anhydre et de 100g d'eau; l'alcool formé est ensuite extrait à l'éther et purifié par cristallisation dans l'eau: (rendement 20g). Il se présente sous forme d'aiguilles fondant à 50° et donne une phényluréthane, aiguilles (benzène) F. 103°.

Les éthers-oxydes dérivant de cet alcool s'obtiennent en traitant le chlorure initial par les alcoolates de sodium et en évitant la présence de soude qui provoquerait la réaction de Cannizzaro. Les éthers suivants ont été obtenus :

Éther méthylique, méthoxy-2 méthylal-5 (α-méthoxy)-toluène, $C^{10}H^{12}O^3$, aiguilles F. 35°, $Eb/_{15}$ 164-165°, semicarbazone F. 150°.

Éther éthylique, méthoxy-2 méthylal-5 (α-éthoxy)-toluène, $C^{11}H^{14}O^3$, liquide $Eb/_{15}$ 173-175°, $d_4^{15} = 1,107$, $n_D^{15} = 1,5440$, semicarbazone F. 141°.

Ces éthers ont une odeur plus faible que celle de l'aldéhyde anisique.

TECHNIQUE CHIMIQUE. — *Étude des filtres antiaérosols en pâte d'alfa. Influence du degré hygrométrique sur le percement des filtres antiaérosols. Influence du temps de passage de l'atmosphère humide.* Note [1] de MM. **Lucien Dautrebande, Pierre Angenot** et **Edmond Dumoulin**, présentée par M. Charles Achard.

Il a été démontré que les filtres antiaérosols en papier d'alfa, parfaitement colmatés et efficaces contre de fortes concentrations en aérosols, même aux débits de 5 et 6000 litres/heure, sont rapidement *percés* lorsqu'on les soumet à l'épreuve du vieillissement artificiel par la vapeur d'eau; d'autre part que le même filtre *percé* peut recouvrer ses qualités d'arrêt des particules solides après plusieurs colmatages à débit élevé.

---

[1] Séance du 5 juillet 1937.

Les expériences qui suivent ont eu pour but de déterminer, dans des conditions arbitraires de temps, de débit, de concentration en aérosols et de température, le degré hygrométrique à partir duquel le filtre devient perméable au bleu de méthylène et par conséquent inefficace.

Pour obtenir l'échelle des concentrations en humidité à la température moyenne de 20° et au débit de 1500 litres/heure, nous avons réglé l'humidification de l'atmosphère par passage de l'air (soit par barbotage, soit par léchage à la surface) sur acide sulfurique de moins en moins concentré.

Le brassage de l'air dans la cage était assuré par un puissant ventilateur et la mesure du degré hygrométrique était lue, en même temps que la température, à un hygromètre à cheveux de Lambrechts. Avant chaque essai proprement dit, l'équilibre hygrométrique voulu était atteint après 10 minutes de passage de l'air à 1500 litres/heure.

Dans une première série d'expériences, le temps de passage de l'air au degré hygrométrique voulu était de 10 minutes, puis venait l'essai d'efficacité du filtre au bleu de méthylène à la dose de $0^g,20$ par mètre cube pendant 3 minutes.

La boîte B 69/1 utilisée a donné un résultat négatif aux essais, successivement à 20, 30, 40, 50, 60, 75, 81, 85,5 et 89 pour 100 d'humidité.

A 95 pour 100 d'humidité le filtre a été nettement *percé*.

Un essai supplémentaire a prouvé que la boîte est effectivement redevenue perméable aux aérosols même à une faible concentration en humidité.

Une seconde série d'expériences utilisait la même boîte, recolmatée, mais le temps de passage de l'atmosphère humide, avant chaque essai, était de 30 minutes au lieu de 10, dans le but de rechercher l'influence du temps de passage de l'atmosphère humide.

Les essais à 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 85, 86, 88, 90 et 93,5 pour 100 d'humidité ont été négatifs. Le filtre a été « percé » à 96 pour 100 d'humidité.

Avec une boîte B69/4 de même type que la précédente, nous avons reproduit les essais dans les mêmes conditions que plus haut, le temps de passage de l'atmosphère humide étant aussi de 30 minutes. Pour des teneurs de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 77, 85, 88 et 91 pour 100 d'humidité, les essais ont donné un résultat négatif à la détection tandis qu'à 95-98 pour 100 d'humidité, le filtre s'est montré *percé*.

Enfin avec une boîte neuve N6, colmatée à fort débit et rendue efficace contre les aérosols, nous avons fait une dernière série d'expériences, en faisant passer l'atmosphère humide 30 minutes à travers la boîte avant

chaque essai. A 25, 40, 50, 60, 70, 75, 80 et 85 pour 100 d'humidité, le filtre est resté efficace; il a été *percé* par une atmosphère contenant 90-92 pour 100 d'humidité.

A la température moyenne de 20° et au débit de 1500 *litres/heure, la teneur de l'air en humidité capable de « percer » les filtres antiaérosols en papier d'alfa est comprise entre* 92 *et* 98 *pour* 100.

Le temps de passage de l'atmosphère humide n'influence guère le percement des filtres antiaérosols.

Des résultats rapportés ci-dessus, on a déjà pu conclure que le temps de passage de l'atmosphère humide à travers le filtre n'influençait pas le « percement » de ce dernier. Pour conformer ce résultat, nous avons porté à *une heure* le temps de passage de l'atmosphère humide en choisissant le degré hygrométrique de 88 à 90 pour 100, donc immédiatement inférieur à celui pour lequel nous avons, dans nos expériences, observé le percement du filtre antiaérosol.

Malgré cet allongement du temps de passage de l'air humide, le filtre de la boîte B 69/4 est resté efficace vis-à-vis de l'air chargé de 0,20 gr/m³ de particules de bleu de méthylène, au débit de 1500 litres/heure.

D'autre part, nous avons recherché sur des boîtes parfaitement colmatées et rendues efficaces à grands débits pour de fortes concentrations, le temps de résistance du filtre soumis à une atmosphère fatale de *vieillissement* artificiel.

La boîte B 69/1, colmatée de telle sorte qu'elle était efficace aux aérosols aux débits de 1500 et 5760 litres/heure et aux concentrations en bleu de méthylène de 0,20 à 0,50 gr/m³, a été « percée » au degré hygrométrique de 94-96 pour 100 en moins de 20 minutes. Le débit était de 1500 litres/heure et la dose de bleu de 0,20 gr/m³.

La boîte B 68/2, efficace à 1500 litres/heure vis-à-vis de $0^g,50$ de bleu de méthylène (5 fois la concentration *française*) a été *percée* par *vieillissement* artificiel, au degré hygrométrique de 95 pour 100 et au débit de 1500 litres en moins de 10 minutes.

Enfin la boîte B 68/2, recolmatée et rendue efficace contre le bleu de méthylène à fortes concentrations (0,50 g/m³) et à grand débit (6480 litres/heure), a vu son filtre *percé* en moins de 5 minutes, au degré hygrométrique de 95,5 pour 100, le débit étant ici de 5880 litres/heure et la dose de bleu de 0,50 g/m³. La détection se faisait sur deux ouates pressées.

Cette dernière expérience montre la brusquerie avec laquelle les filtres

antiaérosols en papier d'alfa sont *percés* par l'humidité aux grands débits.

Conclusions. — Le temps de passage d'une atmosphère humide n'influence guère le percement d'un filtre antiaérosol.

C'est la teneur en humidité de l'air traversant le filtre qui joue le rôle prépondérant dans le *vieillissement* de celui-ci.

A un degré hygrométrique de 95 pour 100 et au débit de 1500 litres/heure, un filtre parfaitement colmaté ne résiste que très peu de temps (20 minutes au plus), tandis qu'à 90 pour 100 d'humidité, le même filtre n'est pas *percé* après une heure.

La résistance à l'humidité des filtres antiaérosols diminue encore si le débit de l'air s'élève.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge kimméridgien des assises terminales des Beni Snassen occidentaux* (*Maroc*). Note de M. **P. Russo.**

Au cours d'une récente tournée faite avec M. P. Fallot, nous avons recueilli, dans les Beni Snassen occidentaux et les Beni Bou Mahiou, les fossiles suivants, en cinq gisements formant trois groupes :

1° Rich el'Hammam. — Niveaux de base à Brachiopodes : *Terebratula subsella* Leym., *Alectryonia pulligera* Goldf.

2° Ahmar Laghdar. — *a*. Sous les bancs à Nérinées : *Aporrhais Thurmanni* Contejean, *Cyphosolenus* gr. *Dyonisaeus* Buv. sp., *Harpagodes* gr. *Icaunensis* Cott. sp., *Purpurea* cf. *gigas* Etall., *Natica Elea* d'Orb., *N. athleta* d'Orb., *N. Barrotei* de Lor., *N. Herbertiana* d'Orb., *N.* cf. *Eudora* d'Orb., *N.* cf. *turbiniformis* Roem., *N. dubia* Roem. ou *Georgeana* d'Orb., *Perna* sp., *Terebratula subsella* Leym., *Zeilleria humeralis* Roem; *b*. Horizon à Nérinées : *Nerinea silesiaca* Zitt; *c*. Deux kilomètres au nord du gîte à Nérinées : *Pseudocidaris spinosa* de Lor., *Mepygurus nov.* sp. de *costatus* Wright, *Cerithium septemplicatum* Roem, *Astarte cingula* Contejean, *Lima Monsbeliardensis* Contejean.

3° Tranchée de la piste du barrage de la Moulouya (vers le point 727 : 452 coordonnées Lambert N. Maroc) : *Trigonia* cf. *variegata* Credner, *Astarte* sp.

Le cachet général des espèces recueillies est, pour les gisements 1 et 3, séquanien, et pour le gisement 2, kimméridgien. M. Fallot, et M[lle] Delpey, qui a déterminé les Nérinées, considèrent que les assises supérieures, formant la corniche calcaire terminale du plateau, sont au moins d'âge kimmé-

ridgien supérieur, puisque les Nérinées pourraient même être rapportées au Tithonique. Les assises marneuses et gréseuses feuilletées qui sont sous-jacentes, appartiennent au Kimméridgien inférieur et ce n'est qu'au-dessous, dans les assises rouges attribuées depuis Gentil au Callovo-oxfordien, que se trouve le Séquanien. Je dois rappeler d'ailleurs que c'est dans ces mêmes niveaux, et à leur partie supérieure que j'avais naguère trouvé *Nerinea sequana* Gaudry. La succession des assises à Rich el Hammam est la suivante, de haut en bas :

1. Barre calcaire dure formant corniche (souvent dolomitique).	Kimméridgien probable (puissance environ 100^{m}).
2. Calcaires et marnes alternés avec traces de térébratules et d'oursins.	
3. Couches calco-marneuses.	
4. Calcaires, grès et marnes grises.	
5. Calcaires pseudo-bréchoides.	
6. Couches marno-calcaires à *Térébratules et Huîtres* (*Terebr. subsella*, *Alectryonia pulligera*).	Séquanien.

A l'Ahmar Laghdar on a, de haut en bas :

1. Barre calcaire dure formant corniche (souvent dolomitique).	Kimméridgien supérieur probable (puissance environ 100^{m}).
2. Couches gréso-calcaires.	
3. Couches marneuses esquilleuses vertes.	Kimméridgien (puissance environ 150^{m}).
4. Couches calcareo-marneuses à *Natices*.	
5. Couches calcareo-marneuses à *Nérinées*.	
7. Assises marneuses vertes schisteuses.	
8. Calcaires compacts à *Nerinea sequana*.	Séquanien.

On remarquera la présence des termes de la série du Séquanien et du Kimméridgien de part et d'autre de la dépression de l'Oued Ksob qui marque le milieu entre les deux bords du couloir de Taza-Oujda. Le Rich el Hammam est en effet au sud d'El Aïoun. Le Plateau des Beni Bou Mahiou apparaît alors comme le flanc N, respecté par l'érosion d'un anticlinal à très grand rayon de courbure dont le flanc S, fortement découpé par l'érosion, aurait son pied à peu près sur une ligne Ras Irsan-Aïn Semouna-Haoud Chebka-Camp Bertaux-Hassi Medlam, et se poursuivrait d'ailleurs vers l'Est au pied S de Sbouat ed Dib près l'Oujda. Cet anticlinal ou plutôt cet anticlinorium (car de nombreux plis s'y manifestent), est de forme complexe. Certains de ses plis se rattachant aux mouvements du Moyen Atlas, d'autres paraissant soumis à des influences

rifaines. Dès à présent les constatations paléontologiques sus-indiquées montrent que le Séquanie existe bien plus au Sud qu'on ne le croyait jusqu'à présent et rajeunissent considérablement les assises supérieures des Beni Bou Mahiou et des Beni Snassen occidentaux.

BOTANIQUE. — *La germination des graines de l'*Orobanche speciosa. Note de M. **Charles Chabrolin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les racines de certaines plantes laissent exsuder une substance entraînée par l'eau qui provoque la germination des graines de l'*Orobanche speciosa* en l'absence de toute racine ([1]). Cette substance est détruite par une minute de chauffage à 100°.

On cultive des plantules d'*Astragalus bæticus* en pot, dans du sable siliceux calciné, puis lavé à l'acide chlorhydrique dilué. Chaque jour, le sable est arrosé lentement avec de l'eau de pluie, de façon à recueillir à la partie inférieure du pot 40 à 50$^{cm^3}$ d'eau de lavage qui entraîne naturellement toutes les substances solubles existant dans le sable. Une fraction de cette eau de lavage (15 à 20$^{cm^3}$) sert à arroser un pot de sable renfermant des graines d'Orobanche placées entre deux feuilles de papier buvard (pot A); une autre fraction de même volume est portée à l'ébullition pendant une minute, puis sert à arroser un pot B identique à A. Après 15 jours, on compte 399 graines d'Orobanche germées dans le pot A, soit 2 pour 100 environ; il n'y en a aucune ni dans le pot B, ni dans un troisième pot arrosé directement avec l'eau de pluie des essais.

Une partie de l'eau de lavage obtenue ci-dessus (10$^{cm^3}$ par jour environ) est conservée dans un flacon. Au bout de 37 jours, on dispose de 300$^{cm^3}$ environ de liquide que l'on conserve encore 10 jours en flacon sans addition nouvelle d'eau de lavage; cette eau ne provoque aucune germination de graines d'Orobanche. La substance active est donc fugace; elle disparaît spontanément de sa solution abandonnée à elle-même. A plus forte raison elle ne doit pas se conserver dans le sol.

Par contre, son action sur l'embryon de l'Orobanche est très rapide et n'intervient que pour déclencher en quelque sorte le processus de la germination :

On fait germer des graines d'*Astragalus bæticus* dans du sable, au-dessus de graines d'Orobanche réparties entre un disque de verre et une feuille de papier buvard. La racine principale vient buter sur le verre et se développe au contact des graines d'Orobanche, entre le verre et le papier buvard; 8 à 10 jours après le début de l'expé-

---

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 203.

rience, juste avant ou dès l'apparition des feuilles cotylédonaires de l'*Astragalus* au-dessus du sable, on lave le sable sous un courant d'eau, on note la position exacte de la racine principale sur la plaque de verre et l'on enlève entièrement la plantule. On recouvre les graines d'Orobanche, dont la germination n'est pas encore visible et l'on continue les arrosages avec de l'eau ordinaire. Au bout de 10 jours, on constate que la position qu'a occupée la racine est marquée par une traînée jaune de graines d'Orobanche germées. Les germinations s'observent jusqu'à $0^{cm},5$ du point où se trouvait le sommet de la racine; elles sont très nombreuses au delà de 1^{cm} de ce point.

La vitesse de croissance de la racine étant de l'ordre de 1^{cm} par jour, on en conclut que la présence de la racine pendant 12 heures suffit à déclencher la germination des graines d'Orobanche; après 24 heures, toutes les graines situées dans un rayon de 2^{mm} environ autour de la racine germent.

Comme la substance active est fugace, elle n'a pu agir sur l'embryon de l'Orobanche que pendant un temps très court. L'accroissement de la radicule est donc indépendant de la présence de cette substance, indépendant de la présence d'une racine qui l'excrète. On explique ainsi l'absence de tout phénomène de chimiotropisme que j'avais antérieurement signalé (¹).

Des graines d'Orobanche servant de détecteur permettent dans quelques cas de différencier biologiquement la racine principale des racines secondaires de certaines espèces. Par exemple, les graines de l'*Orobanche speciosa* ne germent qu'en proportion négligeable au voisinage de la racine principale des jeunes plantules d'une Composée (*Silybum Marianum*), alors que les racines secondaires font germer toutes les graines sur leur trajet, dans un rayon de 3 à 4^{mm}. Ce fait a été vérifié très soigneusement deux années consécutives, en obligeant les racines à s'étaler au contact des graines d'Orobanche placées entre une feuille de papier buvard et une plaque de verre, dans le sable.

On peut encore noter que diverses plantes-hôtes réagissent de façon différente à l'infection par l'*Orobanche speciosa*. Alors que les racines de Fève ne montrent à l'œil nu aucune modification au point de pénétration du suçoir primaire de l'Orobanche, il se forme autour de ce point une tache noire de cellules mortes sur les racines de *Soja hispida* (Variété Soja de Virginie). La racine principale du *Silybum Marianum* réagit, par contre, aux quelques Orobanches qui se fixent sur elle en formant un tubercule blanc au sommet duquel adhère une minuscule Orobanche. On trouve donc, pour une même espèce d'Orobanche et suivant les plantes-hôtes, les différents types de réaction que présentent les végétaux à l'infection. Ces faits intéressent la pathologie comparée.

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2275.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature des inclusions intravacuolaires présentées par le fruit du Lierre* (Hedera Helix *L.*). Note de MM. **Robert Échevin** et **Roger Ulrich**, présentée par M. Marin Molliard.

A l'examen microscopique de lambeaux d'épicarpe et de parenchyme, prélevés sur des fruits de Lierre, on observe, dans les cellules, la présence d'inclusions sphériques et réfringentes. Les colorants vitaux (rouge neutre, bleu de crésyl) se fixent sur ces inclusions et permettent de constater qu'elles sont localisées dans les vacuoles, tout au moins les plus grosses d'entre elles. La répartition de ces inclusions varie suivant les régions et le développement du fruit. Dans les fruits jeunes, l'épicarpe et parfois les cellules sous-jacentes renferment, seuls, de grosses inclusions (*fig.* 1); les cellules du mésocarpe externe chlorophylliennes et celles du parenchyme interne, lacuneux et incolore, renferment uniquement de fines gouttelettes pour la plupart cytoplasmiques (*fig.* 3 et 4).

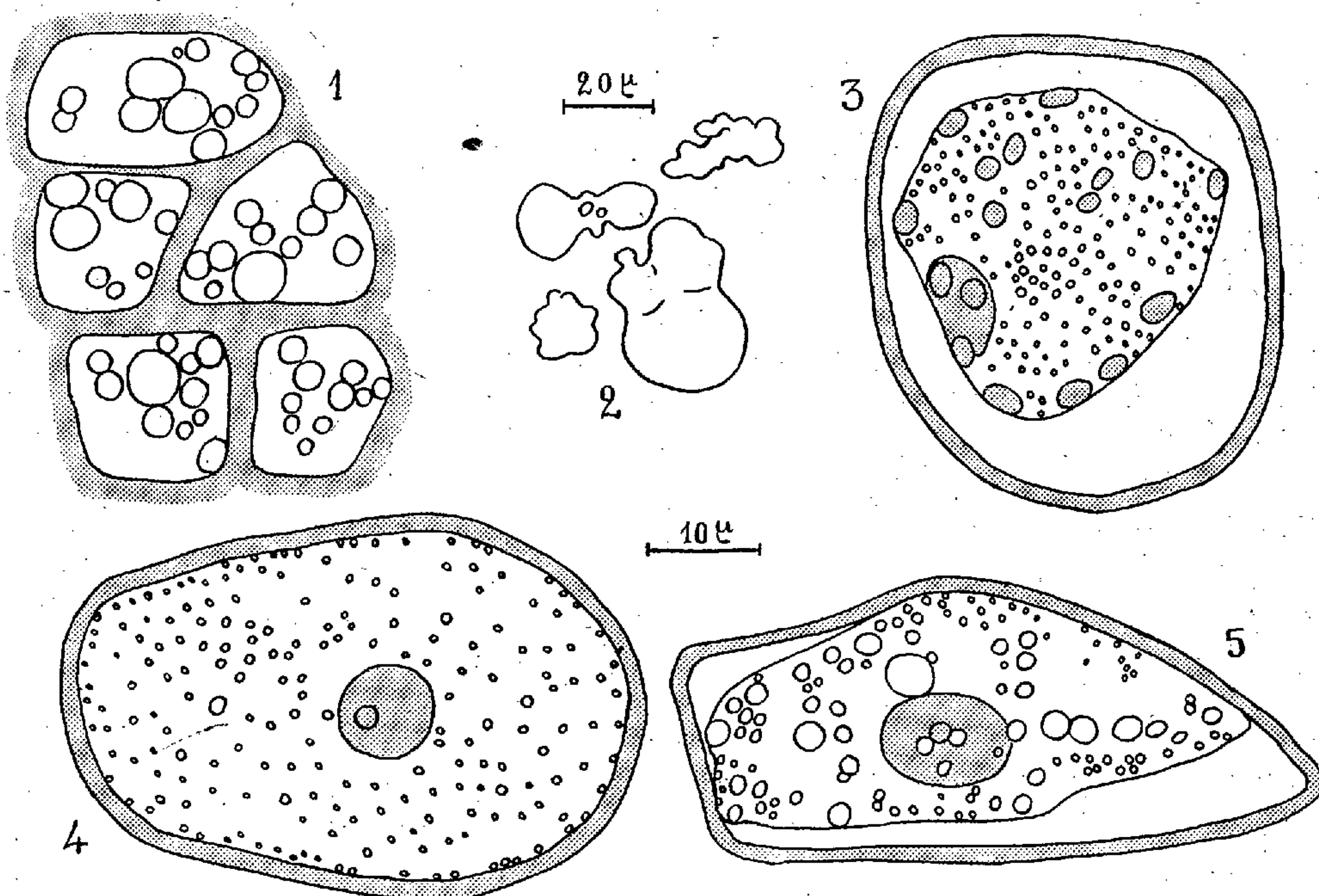
Au fur et à mesure que le fruit mûrit, les inclusions prennent plus d'importance, surtout dans le mésocarpe profond dont les cellules sont généralement bourrées de gouttes réfringentes, les unes petites, à mouvements browniens, les autres grosses et immobiles (*fig.* 5).

Ces inclusions sont solubles dans l'éther, l'alcool, le chloroforme et l'acétone; elles se colorent nettement par le mélange Nadi, le Soudan III et le noir Soudan; elles présentent en outre la propriété de se colorer en rouge violacé par l'acide sulfurique concentré; elles se déforment après l'action, pendant deux ou trois jours, de la potasse caustique (*fig.* 2) et laissent alors apparaître très nettement la croix noire entre nicols croisés. Ces caractères permettent d'affirmer que les inclusions sont de nature lipidique.

L'apparition de la croix noire nous a conduits à envisager la présence de phospho-lipides dans le péricarpe et à rechercher ces substances par la méthode habituelle (épuisement à l'extracteur de Kumagawa et séparation du phosphore lipidique dosé par la méthode de Copaux). Les dosages ont été effectués sur quatre lots différents : le lot n° 1, constitué par 100 fruits jeunes, coniques, de 4^{mm} de diamètre moyen; le lot n° 2 par des fruits sphériques, de 9^{mm} de diamètre, non entièrement mûrs, dont les graines avaient été extraites; ce dosage porte donc uniquement sur les péricarpes de 100 fruits; le lot n° 3 est formé de 100 fruits mûrs, sphériques, de $9\text{-}10^{mm}$ de diamètre; le lot n° 4 est constitué par des fruits identiques à ceux du

lot n° 3, mais ils ont été laissés sur les rameaux, puis abandonnés à la dessiccation à l'air, à la température du laboratoire; ils ont été récoltés deux mois plus tard et l'analyse a porté séparément sur les péricarpes et les graines.

	Substance fraîche.	Substance sèche.	Phosphore lipidique.
	g	g	mg
Lot 1. — 100 fruits jeunes	2,76	0,642	0,33
Lot 2. — Péricarpes de 100 fruits non mûrs	25,69	»	1,11
Lot 3. — 100 fruits mûrs	36,58	9,760	1,31
Lot 4. — 100 fruits mûrs après dessiccation à l'air — péricarpes	3,90	3,482	0,37
Lot 4. — 100 fruits mûrs après dessiccation à l'air — graines	6,23	5,645	0



Les inclusions lipidiques sont figurées en blanc, les membranes, les noyaux et les chloroplastes en grisé. L'échelle 20μ se rapporte à la figure 2, l'échelle 10μ aux quatre autres. 1, épicarpe vu en plan; 3, cellule chlorophyllienne du mésocarpe externe. En bas, cellules du mésocarpe profond d'un fruit jeune, 4, et d'un fruit mûr 5.

Il ressort de ces chiffres que les jeunes fruits de Lierre sont riches en lécithines; si l'on admet que ces substances renferment 3 pour 100 de phosphore, il est facile de calculer que la substance sèche des fruits constituant le lot n° 1 contient 1,7 pour 100 de lécithines. Au cours du développement et de la maturation du fruit, les lécithines s'accumulent, elles

augmentent dans le rapport de 3 à 10; cette augmentation s'effectue uniquement dans le péricarpe, puisque les lots 2 et 3 renferment sensiblement la même quantité de phosphore lipidique dont on ne trouve pas trace dans les graines du lot 4. Au cours de la dessiccation des fruits, une grande partie des lécithines contenues dans le péricarpe disparaît, la quantité de phosphore lipidique des lots 3 et 4 passant de $1^{mg},31$ à $0^{mg},37$.

Le péricarpe du Lierre est donc très riche en lipides intravacuolaires; il renferme une quantité notable de lécithines; les graines en sont dépourvues; les lécithines augmentent dans le péricarpe pendant la formation et la maturation du fruit et diminuent au cours de la dessiccation à l'air du fruit mûr.

ZOOLOGIE. — *Généralités sur le développement des textures cristallines dans le squelette tégumentaire des Décapodes Brachyoures.* Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Charles Pérez.

L'existence de carbonate de calcium cristallisé dans le squelette tégumentaire des Crustacés a été reconnue par Agnès Kelly (1901), puis par Biedermann (1914) et Schmidt (1924). Mais ce sont les travaux de M. Prenant (1928) et de E. Dudich (1931) qui apportent les éléments fondamentaux de nos connaissances sur les formes minéralogiques du calcaire chez les Crustacés. Prenant étudie le déterminisme physico-chimique de la précipitation du calcaire à l'état amorphe et sous ses différentes formes cristallines. Dudich montre que pour chaque espèce les cristaux de calcite sont agencés en une mosaïque dont la topographie est rigoureusement déterminée. Il décrit de telles mosaïques chez 240 espèces et ouvre ainsi le chapitre de la morphologie cristalline du squelette tégumentaire. La question que j'aborde ici est celle du développement de ces textures cristallines; à chaque mue le squelette tégumentaire est complètement rejeté et les mosaïques s'édifient de nouveau dans la nouvelle enveloppe chitineuse. Il y a là un problème important de morphogénèse, qui à ma connaissance n'a jamais été traité.

Je me suis adressé aux Brachyoures et plus spécialement aux espèces *Carcinus mænas* Pennant et *Cancer pagurus* Linné. Pour les Brachyoures et les Reptantia en général, les indications de Dudich sont très fragmentaires; les textures cristallines sont ici beaucoup plus complexes en raison de l'épaisseur des pièces calcifiées; elles ne peuvent être complètement élu-

cidées que si l'on suit leur édification au cours du cycle d'intermue. J'ai utilisé pour cette étude : 1° des préparations *in toto* de fragments du squelette tégumentaire pour les stades qui suivent immédiatement la mue (A_1 et A_2)[1]; 2° des coupes à la congélation les unes perpendiculaires, les autres parallèles à la surface de la chitine pour les stades suivants (B_1, B_2, C_1, C_2); 3° des plaques minces pour les stades où la carapace est fortement calcifiée (C_3 et C_4). Je résume ici les grandes lignes des résultats obtenus.

I. Alors que, dans les groupes autres que les Décapodes, Dudich décrit pour les différentes pièces du squelette tégumentaire une seule mosaïque cristalline, les pièces calcifiées des Brachyoures sont formées par la superposition de mosaïques cristallines développées dans les strates successives de la chitine.

En section normale à la surface, cette stratification de mosaïques ne montre aucun contour cristallin; c'est seulement sur des sections parallèles à la stratification que l'agencement des mosaïques est visible. Leurs éléments constitutifs sont des disques sphérolithiques plats, de quelques μ d'épaisseur, agencés suivant une texture hypidiomorphe ou allotriomorphe.

II. Cette superposition de mosaïques n'est cependant pas continue. L'examen des plaques minces normales à la surface de la chitine, chez un animal éloigné de sa mue (stade C_4), montre deux zones cristallisées, séparées par un niveau à calcaire amorphe d'épaisseur variable.

La première zone représente une fraction variable de la couche pigmentaire; elle commence immédiatement au-dessous de l'épicuticule; les strates les plus externes sont holocristallines; les dernières strates cristallisées sont au contraire très hétérogènes : cette zone au lieu de finir brusquement à une strate déterminée se prolonge par des digitations perpendiculaires à celle-ci.

Le niveau à calcaire amorphe comprend les strates les plus internes de la couche pigmentaire et se termine avec celle-ci.

La deuxième zone cristallisée commence avec la couche principale et s'étend à une profondeur variable, souvent jusqu'à la mince couche interne de chitine non calcifiée. Les dernières strates cristallisées ne sont pas toujours holocristallines, manifestant ainsi une certaine hétérogénéité topographique.

III. Ces deux zones cristallines sont formées à deux périodes très différentes du cycle d'intermue.

Les formations cristallines de la couche pigmentaire s'édifient dans

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2103.

une période assez brève qui suit la mue et correspond à l'ensemble des stades A_2, B_1 et B_2 (quelques jours). La première mosaïque cristalline, dont le développement est facile à suivre, est située dans la strate immédiatement sous-jacente à l'épicuticule.

Les formations cristallines de la couche principale s'édifient au contraire très tardivement. Au cours des stades C_1 et C_2 où la carapace est dure, et même au cours du stade C_3 où la couche principale s'achève, les coupes ne révèlent dans cette couche aucune cristallisation du calcaire. La seule biréfringence observée est celle de la chitine. Au cours du stade C_4 seulement s'effectue progressivement la cristallisation de la couche principale, en commençant par les strates les plus externes. Elle se développe finalement jusqu'à la mince couche interne de chitine non calcifiée.

Je résumerai ce qui précède en soulignant la différence d'allure des développements cristallins dans les strates de la couche pigmentaire (formée avant la mue) et dans les strates de la couche principale (formée après la mue): pour les premières, développements rapides et intervalle de temps court entre le dépôt du calcaire et sa cristallisation; pour les autres développements s'étageant sur une longue période (C_4) et long délai entre le dépôt du calcaire et sa cristallisation (pour les premières strates formées pendant B_1 et B_2, cet intervalle est au moins égal à la durée des trois stades C_1, C_2, C_3, soit plus d'un mois pour les individus qui muent annuellement).

Il est intéressant de constater que le squelette tégumentaire est en continuelle évolution au cours du cycle d'intermue, même au cours de l'étape C_4 qui pouvait être à priori considérée comme une période de stabilité de formations tégumentaires.

PHARMACODYNAMIE. — *De l'influence de la nature de l'acide sur l'action qu'exercent, sur le nerf moteur, différents sels de la base novocaïne et de morphine; comportement qualitatif différent selon les concentrations.* Note [1] de MM. **Jean Régnier** et **André Quevauviller**, transmise par M. Louis Lapicque.

Il est possible d'effectuer des essais pharmacodynamiques sur le nerf de *Rana esculenta* stabilisé en milieu glucosé isotonique [2]. Ainsi, pour étudier

---

(1) Séance du 12 juillet 1937.

(2) J. Régnier et A. Quevauviller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1617.

l'action de sels alcaloïdiques à anion différent, peut-on éviter les modifications apportées par les liquides stabilisateurs habituels.

Nous avons donc pu comparer l'influence qu'exercent sur le nerf, les citrate, phénylpropionate et chlorhydrate de paraaminobenzoyldiéthylaminoéthanol et de morphine. Ainsi pouvions-nous espérer vérifier les constatations faites sur la cornée du lapin [3].

Le mode opératoire a été le suivant : dissolution du sel alcaloïdique dans la solution de glucose à 44,7 pour 1000 et à pH = 6. Action simultanée de concentrations équimoléculaires sur les deux nerfs d'un même animal du chlorhydrate et d'un autre sel de la même base. Mesure toutes les 10 minutes de la chronaxie (τ), de la rhéobase en volts et en microampères (I), de la résistance au courant galvanique (R) et de l'excitabilité (exprimée selon les conceptions énergétiques de H. Lassalle et L. Lapicque par $1/R[(2I)^2\tau)]$ [4]. Considérations plus particulières de cette dernière valeur à la quarantième minute de l'action pharmacodynamique.

Nous n'insisterons pas sur les phénomènes constatés avec les sels de paraaminobenzoyldiéthylaminoéthanol; disons qu'ils se traduisent par une baisse (sauf exceptions) de la chronaxie, par une montée de l'intensité rhéobasique, par une diminution de la résistance (primitivement très forte en raison de l'absence d'électrolytes) et par une diminution d'excitabilité.

Des valeurs moyennes calculées pour la baisse de l'excitabilité à la quarantième minute et des courbes concentration-action tracées à l'aide de ces valeurs, nous pouvons déduire que, dans les conditions de nos essais, le phénylpropionate est, sur le nerf moteur, 5 à 7 fois plus actif, le citrate 8 à 10 fois moins actif, que le chlorhydrate (novocaïne).

Les mêmes sels de morphine ont été étudiés dans des conditions identiques [5]. Cette fois les phénomènes observés ont été variables selon les sels et pour un même sel selon les concentrations, ainsi que le résume le Tableau I.

---

(3) J. Régnier et R. David, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1428; J. Régnier, R. Delange et R. David, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 591.

(4) J. Régnier et A. Quevauviller, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 912.

(5) En ce qui concerne l'action de la morphine sur le nerf, en liquide de Ringer, voir L. et M. Lapicque et R. Legendre, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 803; A. et B. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, 84, 1921, p. 647.

TABLEAU I.

Acide combiné à la morphine.	Concentration.	Rhéobase. Volt.	Intensité.	Chronaxie.	Résistance.	Excitabilité
Citrique	M/1000	baisse	baisse	peu modifiée	peu modifiée	monte
»	M/ 100	baisse	peu modifiée	peu modifiée	baisse peu	monte
»	M/ 50	baisse	monte	monte	baisse	baisse
Chlorhydrique	M/1000	baisse	baisse	monte	peu modifiée	monte
»	M/ 100	baisse	monte	monte	baisse	baisse peu
»	M/ 50	baisse	monte	monte	baisse beaucoup	baisse
Phénylpropionique	M/ 800	monte	monte	baisse peu	baisse	baisse
»	M/ 100	monte	monte	baisse peu	baisse	baisse
»	M/ 50	monte	monte	baisse peu	baisse beaucoup	baisse beaucoup

Le tableau II donne les pourcentages moyens de variation de l'excitabilité après 40 minutes d'action. On remarquera, phénomène important, qu'avec les doses très faibles de chlorhydrate et les doses, même moyennes, de citrate, l'excitabilité est non plus diminuée mais au contraire augmentée [6].

TABLEAU II.

Concentrations moléculaires des solutions étudiées.	Poids pour 100 en base morphine anhydre.	Variation pour 100 de $\frac{1}{R(2I)^2\tau}$ en 40 minutes. Été 1936. Chlorhydrate.	Phényl-propionate.	Printemps 1937 [7]. Chlorhydrate.	Citrate.
M/1000	0,028	–	–	+ 5,4	+10,1
M/ 800	0,035	–	–22	–	–
M/ 500	0,057	–	–	–22,3	+ 6,2
M/ 200	0,142	– 9,2	–63	–	–
M/ 100	0,285	–16,6	–84	–34,4	+ 6
M/ 50	0,570	–29,5	–95,2	–41,1	– 8,2
M/ 20	1,425	–33,0	Inexcitabilité	–	–

---

(6) L'augmentation d'excitabilité, directe d'après Matthews, indirecte d'après J. Lœb et L. et M. Lapicque, que produit l'ion citrique, n'exerce certainement pas une influence prépondérante dans les phénomènes constatés. En effet, cette influence ne s'exerce plus en absence d'électrolyte (J. Lœb), et elle devrait croître en même temps que la concentration des ions. Par ailleurs, dans nos expériences, une augmentation d'excitabilité, pour les doses faibles, a été constatée aussi, avec le chlorhydrate de morphine.

(7) Conformément aux faits signalés par différents auteurs (voir J. Régnier et B. Briolet, *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 877), les grenouilles mises en essai, au printemps, à l'époque du frai, sont plus sensibles à l'action pharmacodynamique que les grenouilles mises en essai en hiver ou en été.

Les courbes action-concentration, obtenues à l'aide de ces chiffres, montrent, si l'on tient compte particulièrement de la partie où les doses fortes produisent toujours une baisse d'excitabilité, que le phénylpropionate de morphine exerce, sur le nerf moteur, dans les conditions de nos essais, une action 20 à 30 fois plus forte, et le citrate une action 5 à 10 fois plus faible que le chlorhydrate.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Vision entoptique très nette de la rétine en rouge orangé.* Note (1) de M. **Paul Fortin** (Extrait).

J'ai signalé à l'Académie (2) et à la Société argentine de Biologie les remarquables propriétés des rayons bleus des vapeurs de mercure pour faire apparaître certains phénomènes entoptiques.

A cette époque il me fut impossible d'identifier ce que l'on voyait dans son propre œil avec les données de l'histologie cadavérique. De petites anses ou tubes brillants sursautaient à chaque systole dans tout le champ visuel. Dans leur intérieur passaient des points noirs, toujours séparés les uns des autres, se repoussant comme s'ils portent une charge électrique. Ce sont les globules du sang passant dans des anses capillaires de calibre toujours uniforme de 4 à 5 microns et de longueur dépassant souvent 100 microns. Depuis, dans des investigations histologiques, j'ai pu retrouver les éléments qui provoquent ces différentes apparitions entoptiques.

En dehors de ces phénomènes entoptiques à maxima en lumière bleue, il en existe d'autres. Boissier de Sauvage, Purkinje regardaient sur un fond obscur; ils agitaient sur les côtés de l'œil la flamme d'une bougie ou d'un quinquet et ils voyaient leurs gros vaisseaux rétiniens.

En lumière bleue, l'œil doit fixer directement la plage éclairée. La mydriase, l'atropinisation favorisent la netteté. Avec la lumière rouge orangé, il doit fixer latéralement.

Dans ces expériences on observe trois réticulums vasculaires complètement distincts :

l'un irrégulier, apparaissant en rouge orangé situé dans un plan antérieur de la rétine;

un deuxième de capillaires de calibre constant de 5μ, que j'ai pu localiser sûrement dans la couche des grains internes;

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) *Comptes rendus*, **145**, 1907, p. 355; **146**, 1908, p. 1168; **183**, 1926, p. 452.

un troisième, visible en lumière bleue, absolument régulier, symétrique non pulsatil, trop fin pour laisser passer des globules, visibles seulement par agitation du trou sténopéique, à parallaxe positive.

Les deux premiers réseaux sont sanguins, le troisième ne le serait pas. Il contiendrait une substance sensibilisée spécialement pour le bleu, il est invisible en lumière rouge.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Analyse expérimentale de la détermination de l'axe dorso-ventral dans la régénération de la tête chez les Lombrics.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Maurice Caullery.

La tête des Lombriciens a une symétrie bilatérale et présente une succession de structures échelonnées, d'une manière caractéristique, de la face dorsale à la place ventrale, c'est-à-dire un axe dorso-ventral bien net. Lorsqu'on ampute un Lombric de ses premiers segments, il régénère une nouvelle tête orientée conformément à la base. J'ai entrepris l'analyse expérimentale de la détermination de l'axe dorso-ventral de ce régénérat.

En vue de modifier profondément les rapports mutuels dorso-ventraux des différents organes, j'ai effectué l'expérience suivante. Le tégument en totalité (épiderme et muscles) a été, sur une longueur de 8 segments (5ᵉ au 12ᵉ inclus), retourné d'une seule pièce de 180° dorso-ventralement par rapport aux organes internes (tube digestif et chaîne nerveuse). Cette opération difficile, dont la technique sera exposée dans un Mémoire, a été parfaitement réussie sur 19 *Eisenia sp.* (sur 27 opérés). Après guérison, les sujets ont subi l'ablation de la tête dans la région opérée, une première fois entre les segments 6 et 7. Après régénération, dix d'entre eux ont subi une seconde amputation plus postérieure (entre les segments 8 et 9). Enfin, deux de ces derniers ont été amputés une troisième fois. Sur 31 amputations, dans 11 cas, il n'y a pas eu de régénération notable; 4 régénérats sont à éliminer (anormaux ou trop jeunes); enfin 16 régénérats sont de belle taille et d'aspect normal.

L'étude histologique de ces derniers montre que :

1° la morphologie de la base est sensiblement la même dans tous les cas : le tégument est toujours orienté à l'envers des organes internes; en particulier, la chaîne nerveuse se trouve placée, de par l'opération, en regard de la ligne médiane *dorsale* du tégument;

2° les régénérats ont tous une morphologie semblable, et normale, c'est-à-dire que *leurs organes internes sont toujours normalement orientés par rapport à leur tégument.*

Ainsi, sur une base dont les constituants sont tous présents, mais avec rapports mutuels profondément modifiés, peut s'édifier un régénérat normal au sens précédent. Les différentes parties d'un régénérat et leurs rapports ne sont donc certainement pas déterminés point par point par les parties correspondantes de sa base d'insertion : l'axe dorso-ventral du régénérat est déterminé comme un tout, indépendamment des rapports morphologiques des constituants de sa base.

Aucune des parties de la base ne joue dans cette détermination de rôle exclusif. En effet, les 16 régénérats précédents se répartissent en deux groupes. Par rapport à leur base, 8 sont orientés conformément au tégument (donc inversement aux organes internes), et 8 ont l'orientation opposée. Le raccord des organes internes du régénérat et de sa base se fait de manière quelconque, variable d'un sujet à l'autre.

On est ainsi amené à considérer l'établissement de l'axe dorso-ventral du régénérat comme la conséquence de rapports, non pas morphologiques, mais *physiologiques*, entre les différents tissus de la base d'insertion. Ces rapports sont à préciser. On peut remarquer, dès maintenant, que les régénérats orientés conformément au tégument ont été obtenus presque tous à la suite de la première amputation et s'insèrent tous sur la totalité de la section. Les régénérats orientés à l'inverse du tégument ont été obtenus, au contraire, surtout à la suite de la seconde amputation et ont le plus souvent une base réduite, située du côté de la chaîne nerveuse. Dans ce cas, une étude physiologique montre que le tégument ventral, bien qu'ayant conservé une anatomie normale, a une innervation déficiente; le tégument dorsal, au contraire, est très bien innervé. Tout semble donc se passer comme si les sections transversales donnant naissance à une tête étaient le siège d'un champ de forces, ou d'un gradient physiologique polarisé dorso-ventralement, et particulièrement marqué dans le tégument, parce que ce dernier représente la majeure partie de la surface de section. Si l'on retourne le tégument par rapport aux organes internes, la polarisation originelle du tégument subsisterait un certain temps, puis, sous l'influence des changements d'innervation, finirait par s'inverser. Cette hypothèse plausible expliquerait les résultats des expériences précédentes. Des expériences sont en cours, en vue de l'éprouver.

En résumé, *l'axe dorso-ventral des régénérats de tête, chez les Lombrics, est déterminé, non pas point par point par les organes correspondants de la base, mais comme un tout, sous l'influence de rapports, non pas morphologiques, mais physiologiques, entre les différents organes de cette base.*

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Anomalie de la ponte d'une Poule intersexuée, après action de l'androstérone, sur les canaux de Muller de l'embryon.* Note de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré [1] que des hormones génitales, injectées aux embryons de poulet des deux sexes, exercent une action décisive sur l'évolution des voies génitales :

1° L'hormone femelle, injectée aux embryons mâles, empêche la régression du canal de Muller gauche dont le maintien est définitif. Il se transforme en un oviducte, qui se développe suivant le rythme général de croissance de l'organisme. Je signalais précédemment la présence d'un oviducte chez les coqs intersexués âgés de 2 à 6 mois, je puis actuellement la confirmer chez des intersexués de plus d'un an, qui ont repris par ailleurs tous les attributs morphologiques et fonctionnels de leur sexe génétique.

2° Les hormones du groupe de l'androstérone-testostérone, injectées aux embryons femelles, déterminent la régression de la partie distale des canaux de Muller. Cette inhibition est, elle aussi, durable; le segment atrophié ne se reconstitue pas, ainsi que je l'ai montré chez les poulettes de 2 à 3 mois.

Il était intéressant de savoir comment se comporteraient, au moment de la maturité sexuelle, des poules qui ne possèdent qu'un tronçon d'oviducte. C'est à cette question que répond l'observation suivante.

Un embryon provenant du croisement *Light Sussex* ♀ × *Rhode Island* ♂ a reçu, au 5ᵉ jour de l'incubation, une injection de $0^{mg},7$ d'androstérone par la voie chorio-allantoïdienne. Il donne à l'éclosion un poussin dont le plumage rouge atteste le sexe génétique femelle. Il est élevé jusqu'à l'âge de 8 mois et demi. L'animal présente à ce moment une volumineuse dilatation de l'abdomen et cesse de se nourrir. On le sacrifie alors.

Ses caractères extérieurs sont ceux d'une jeune poule normale. A l'autopsie, on trouve 10 *œufs dans la cavité générale.* Tous sont entourés d'une double membrane coquillière résistante, aucun n'a de coquille : sept d'entre eux ont la taille habituelle de gros œufs au moment de la ponte; deux autres sont plus petits : l'un est un œuf sans jaune, l'autre contient un jaune normal et peu de blanc; un autre enfin était crevé, son contenu s'était répandu dans la cavité générale, l'albumine était en partie coagulée. Il est possible que d'autres œufs aient subi le même sort, car on trouvait en outre plusieurs sacs vides constitués par des membranes coquillières affaissées.

---

[1] Voir en particulier, *C. R. de la Soc. de Biol.*, **123**, 1936, p. 237.

L'ovaire de cette poule est normalement développé et contient des follicules de toutes grosseurs, dont les œufs élaborent une grande quantité de vitellus. L'oviducte est en partie avorté et réduit à son segment proximal, qui mesure 20^{cm} de long (la longueur totale de l'oviducte d'une poule normale de même âge est de 34^{cm}). Il est prolongé par une trompe munie d'un vaste pavillon. Du côté distal, il ne présente pas de glande coquillière et *se termine en cul-de-sac*. Il n'a aucune communication avec le cloaque, et aucun autre orifice que son pavillon. Il n'est donc pas douteux que les œufs entrent et sortent alternativement par la trompe. Après la rupture folliculaire, les œufs ovariens pénètrent dans l'oviducte où ils s'entourent d'albumine et des membranes coquillières. Après qu'ils ont acquis une certaine taille, ils sont expulsés par le même orifice et véritablement pondus dans la cavité générale où ils s'accumulent. Cette expulsion est probablement irrégulière, ainsi qu'il ressort des différences de taille et de constitution de certains œufs.

On peut conclure de ces faits que l'inhibition de la partie distale de l'oviducte ne retentit ni sur le développement de l'ovaire ni sur le développement des autres segments de l'oviducte, dont l'évolution est pleinement autonome. Il se confirme que les hormones sexuelles ont une action décisive sur le maintien ou l'inhibition des voies génitales femelles; cette action s'exerce une seule fois au cours du développement embryonnaire, et ses effets sont irréversibles. L'hormone femelle injectée au mâle stabilise de façon définitive le canal de Muller gauche. Une hormone du groupe de l'androstérone injectée à l'embryon femelle inhibe définitivement le segment distal de l'oviducte et empêche la sortie des œufs chez l'adulte. La présence d'un oviducte chez un coq, l'absence partielle de celui-ci chez la poule sont les caractères les plus durables de l'intersexualité de l'embryon.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Recherches spectrophotométriques sur des solutions aqueuses de bile*. Note (¹) de M. **Augustin Boutaric** et Mme **Madeleine Roy**, présentée par M. Charles Achard.

Nos expériences ont porté sur de la bile de bœuf préalablement centrifugée pendant une demi-heure à 6000 tours par minute, de manière à éliminer tous les produits en suspension.

1° *Loi de Beer*. — Nous avons mesuré la densité optique h pour diverses

(¹) Séance du 12 juillet 1937.

solutions de bile obtenues en diluant 1^{cm^3} de bile avec de l'eau distillée de manière à obtenir un volume total égal à v. Le tableau I donne, pour un certain nombre de longueurs d'onde, les valeurs du produit vh relatives à diverses valeurs de v comprises entre 1 et 50; les mesures ont été faites sur des cuves d'épaisseur variant suivant les cas entre 1 et 20^{cm}, au moyen du spectrophotomètre de Jobin et Yvon.

Tableau I.

v.	$500^{m\mu}$.	$550^{m\mu}$.	$600^{m\mu}$.	$640^{m\mu}$.
1	1,73	0,53	0,55	0,53
2	1,32	0,60	0,66	0,66
4	1,32	0,66	0,64	0,64
10	1,40	0,57	0,60	0,60
20	1,40	0,60	0,60	0,60
50	1,50	0,80	0,80	0,85

Le produit vh, sans être constant lorsque v croît, n'éprouve pas de variations bien importantes ni surtout bien régulières, il a généralement tendance à croître sauf pour $\lambda = 500^{m\mu}$, où l'on voit qu'il commence d'abord par diminuer, passe par un minimum et croît ensuite.

2. *Variation de la densité optique en fonction du temps.* — Les mesures de densité optique dont les résultats sont mentionnés dans le tableau précédent ont été faites aussitôt après la dilution. En réalité, lorsqu'on dilue les solutions de bile, la densité optique de la solution ainsi obtenue croît toujours en fonction du temps, l'accroissement étant surtout important au cours des premières 24 heures, même quand on conserve la solution dans une chambre froide à 0°, de manière à se mettre à l'abri de toute altération. C'est ce que montre le tableau II, relatif à $\lambda = 500^{m\mu}$, qui donne les valeurs du produit vh pour diverses dilutions v au bout de temps croissants.

Tableau II.

	v.					
Jours.	1.	2.	4.	10.	20.	50.
0	1,73	1,32	1,32	1,40	1,40	1,50
1	1,73	1,32	1,30	2,16	2,31	2,30
2	1,73	1,30	1,36	2,13	2,28	2,35
3	1,70	1,27	1,97	2,19	2,30	2,35
4	1,68	1,27	2,08	2,19	2,30	2,35

On voit qu'au bout du même temps, à mesure que v croît, le produit vh

diminue d'abord légèrement puis croît après avoir passé par un minimum. Pour des longueurs d'onde différentes, on n'observe pas toujours le minimum, le produit vh allant alors en augmentant avec v quoique faiblement, comme on le voit par les résultats du tableau III relatif à $\lambda = 600^{m\mu}$.

TABLEAU III.

Jours.	v. 1.	2.	4.	10.	20.	50.
0	0,55	0,66	0,64	0,60	0,60	0,80
1	0,55	0,82	0,89	1,36	1,49	1,50
2	0,55	0,92	0,92	1,56	1,66	1,65
3	0,70	0,92	1,46	1,64	1,71	1,80
4	0,99	1,00	1,68	1,71	1,70	1,80

Dans le tableau IV, qui se rapporte à un autre échantillon de bile, on donne les valeurs du produit vh pour les dilutions $v = 5$ relatives à un grand nombre de radiations spectrales et à des valeurs du temps variant entre 0 et 6 jours.

TABLEAU IV.

λ.	Jours. 0.	1.	2.	3.	6.
480	6,30	6,30	6,30	5,65	5,20
500	1,68	1,70	1,80	1,84	1,85
520	0,75	0,87	0,93	1,12	1,18
540	0,54	0,70	0,78	0,91	1,02
550	0,52	0,70	0,80	0,94	1,04
560	0,51	0,71	0,80	0,98	1,07
580	0,50	0,71	0,84	1,03	1,16
600	0,51	0,71	0,85	1,06	1,15
620	0,49	0,71	0,83	1,04	1,13
640	0,48	0,70	0,82	1,01	1,10
660	0,47	0,69	0,82	0,97	1,07
680	0,41	0,65	0,77	0,89	0,93
700	0,37	0,62	0,72	0,76	0,88

L'accroissement de la densité optique qui se produit dans une solution de bile traduit une évolution de ces solutions en fonction du temps, commune à beaucoup de solutions colloïdales, qui semble pouvoir se rattacher à une hydrolyse lente de ses constituants salins.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'adsorption des polypeptides par les protéides du plasma sanguin.* Note [1] de M. **Jean Loiseleur** et de Mlle **Renée Colliard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans le plasma sanguin où des polypeptides se trouvent en présence de protéides, on peut se demander si les polypeptides subissent, sur la partie colloïdale du plasma, une adsorption comparable à celle qui a été constatée dans une solution de peptone [2].

Or la dilution croissante du plasma s'accompagne, dans des conditions constantes de défécation, d'une augmentation systématique de l'azote filtrable dont les valeurs s'ordonnent sur une courbe d'un type analogue à celui que présentait la peptone :

Dilution du plasma.......	1/1	1/1,5	1/2	1/4	1/5
N total non protéïdique (en gramme par 1000^{cm^3})....	0,211	0,212	0,224	0,232	0,235

Le rapprochement de cette expérience avec les précédentes sur la peptone permet de considérer les polypeptides comme partiellement adsorbés sur les colloïdes du plasma. On peut noter cependant que, dans le plasma, la dilution entraîne une augmentation d'azote filtrable moins importante que dans le cas d'une solution de peptone. Le fait pourrait être attribué à ce que les colloïdes plasmatiques, en plus grande proportion et à un état colloïdal plus élevé que dans la peptone, posséderaient un pouvoir d'adsorption plus marqué. S'il en est ainsi, il doit être possible de modifier l'adsorption en additionnant le plasma d'un sel minéral (SO^4Mg par exemple), l'adsorption s'exerçant sur ce dernier en libérant par contre-coup les polypeptides. La technique consiste à abandonner le plasma au contact d'un volume égal de la solution saline et à déféquer avec un volume double de CCl^3CO^2H à 20 pour 100. Les séries d'expérience du tableau ci-après ont été réalisées avec SO^4Mg à des températures, des concentrations et des durées de contact différentes :

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) J. Loiseleur, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 93.

Azote total non protéïdique (gr. pour 1000$^{cm^3}$) *dosé après contact du plasma avec un volume égal de* SO^4Mg *et défécation par un volume double de* CCl^3CO^2H *à* 20 pour 100.

	Température du contact.......	0°.	20°.	20°.	20°.	20°.	38°,5.
	Durée du contact.	30^{min}.	5^{min}.	15^{min}.	30^{min}.	30^{min}.	30^{min}.
Concentration de SO^4Mg.	0........	0,200 (*c*)	0,200 (*c*)	0,205 (*c*)	0,252 (*a*)	0,285 (*b*)	0,198 (*c*)
	0,1 N.....	0,208	0,200	0,226	0,302	–	0,202
	0,2 N.....	0,215	0,205	0,240	–	–	–
	0,5 N.....	0,226	0,215	**0,260**	**0,361**	**0,308**	0,212
	0,75 N....	0,238	0,215	0,252	–	–	–
	N........	0,238	**0,219**	0,249	–	0,302	–
	2 N.......	**0,240**	0,212	0,238	–	0,299	–
	2,5 N.....	–	–	–	0,344	–	–
	3 N.......	–	–	0,231	–	0,291	–
	s/2.......	–	–	–	0,344	–	–

(*a*), (*b*), (*c*). — Plasma provenant de trois malades cancéreux dont les néoplasmes sont en cours de résorption sous l'influence du traitement radiothérapique.

Dans chaque série d'expériences, l'azote soluble présente d'abord une augmentation, puis une diminution à partir d'une certaine valeur de la concentration saline. L'origine de cette variation peut être éclairée par l'observation suivante. Quand on ajoute à du plasma des quantités croissantes de SO^4 Mg, on observe, à partir d'une certaine concentration, une opalescence de plus en plus marquée de la solution, ce qui est l'indice d'une altération de la stabilité des colloïdes du plasma. L'allure des variations de l'azote soluble traduit ainsi deux effets opposés du sel : d'abord son adsorption entraînant la libération parallèle de l'azote adsorbé, puis un effet inverse de floculation, la prépondérance de l'un de ces deux effets étant fonction de la concentration saline et de la température à laquelle on opère. Il existe ainsi, en ce qui concerne la désorption des polypeptides, une valeur optima de la concentration où l'adsorption est évidente, mais sans que la floculation soit déjà manifeste. L'examen du tableau montre que cette valeur est inversement proportionnelle à la température et à la durée du contact.

Ces facteurs, caractéristiques de l'adsorption, permettent d'éliminer l'hypothèse d'une hydrolyse imputable au sel. Il est encore à noter que ces phénomènes ne s'observent spécifiquement que dans les seuls processus d'histolyse et qu'un sérum normal, privé de polypeptides, présente, dans les mêmes conditions, des valeurs constantes d'azote filtrable.

En résumé, au cours des processus d'histolyse, une partie notable des

polypeptides, combinée par adsorption sur les protéides du plasma, suit leur sort au moment de la défécation et échappe à l'analyse. Ces polypeptides peuvent être mis en évidence si la défécation est précédée d'un traitement susceptible de provoquer leur résorption.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Mécanisme des actions hormono-sexuelles sur la dysurie des prostatiques.* Note de MM. **Charles Champy**, **Maurice Heitz-Boyer** et **Roger Coujard**, présentée par M. Antonin Gosset.

Dans cette courte Note, il est impossible d'exposer le détail des raisons qui permettent de penser que l'hypertrophie adénomateuse de la prostate est d'origine endocrinienne. De ces raisons, qui nous ont suggéré depuis déjà longtemps de la traiter par les hormones testiculaires, nous signalerons seulement les suivantes : *a*. L'hypertrophie adénomateuse apparaît à une période de la vie où l'activité testiculaire est ralentie; *b*. chez les animaux à cycle sexuel annuel, la prostate, qui sécrète au moment de la maturité, se trouve en revanche croître aux périodes de non-maturité alors qu'elle ne sécrète plus; *c*. expérimentalement, Lacassagne a pu reproduire par des injections de folliculine une hypertrophie adénomateuse, et chez ces animaux nous avons trouvé des lésions testiculaires rappelant celles de la vieillesse; *d*. par contre, chez les animaux castrés, la folliculine reste sans action sur la glande prostatique; et déjà, de ces deux derniers ordres de faits, on peut conclure que la folliculine influence la prostate de façon indirecte seulement, par l'intermédiaire du testicule modifié; *e*. directement, la folliculine agit au contraire dans la prostate sur son Utricule, qu'elle transforme chez le cobaye en un véritable petit Utérus : or, l'absence, dans l'hypertrophie prostatique de l'homme, d'une transformation de ce genre, constitue un argument de plus que cette affection ne saurait être attribuée à un excès de folliculine; ce qu'est venu encore confirmer une série d'analyses que nous avons faites sur différents malades prostatiques, chez lesquels nous n'avons pas constaté un tel excès de folliculine.

Au point de vue clinique, l'administration d'hormones sexuels, plus particulièrement d'extraits lipidiques de testicules, donne des résultats évidents. Si la régression de l'hypertrophie, au cas où elle se produit, ne peut être que lente (mise à part la disparition de phénomènes d'ordre congestif), en revanche, on constate couramment, et de façon souvent rapide, l'atténuation et même la disparition des symptômes de dysurie, de pollakiurie et aussi du résidu vésical. Ces faits cliniques nous ont

amenés à chercher le rôle que les hormones pouvaient jouer dans cette dysurie.

L'action générale des hormones testiculaires sur les organes les plus divers est, comme l'un de nous l'a montré (¹), de produire *des phénomènes d'œdème conjonctif* d'aspect mucoide. Ceux-ci jouent le rôle principal dans le développement des *caractères* sexuels les plus variés : crête du coq, rouge des faisans, cornes, pénis, etc. L'œdème est cantonné à des zones spéciales; il peut être diffus (crêtes de coq), ou bien localisé au pourtour des vaisseaux (rouge du dindon).

Or un tel œdème existe dans le col de la vessie et dans le veru montanum chez les animaux mâles normaux, où il est localisé autour des vaisseaux; il disparaît chez les castrats, et il s'atténue chez les vieux animaux. L'administration de testostérone ou de lipides testiculaires le reproduit rapidement; il est donc là un témoin sûr de l'action des hormones mâles.

Nous pensons que cet œdème ne joue pas un rôle direct dans la suppression de la dysurie, mais que son action s'exerce de façon indirecte, du fait que dans tous les organes où il existe (rouge des faisans, des dindons, pénis des canards), *il accompagne constamment un relâchement très important des faisceaux musculaires lisses*, de toute la région voisine. Or l'un de nous [2] a exposé à plusieurs reprises le rôle prédominant que joue dans la dysurie prostatique le spasme du Sphincter lisse urétrovésical : la constriction intempestive qu'il exerce alors, de façon plus ou moins permanente et intense, sur l'ensemble des lobes adénomateux, enserrés complètement par lui, amène l'obstruction du canal urétroprostatique, beaucoup plus que le volume même des lobes hypertrophiés. On comprend bien comment *le relâchement de ce muscle, dont l'œdème périvasculaire est le témoin visible, peut faire cesser les troubles de rétention*, et bien avant qu'une diminution de l'adénome ne soit perceptible.

La séance est levée à 15ʰ35ᵐ.

A. Lx.

(¹) Champy et Kritih, *Le tissu muco-élastique de la crête du coq, réactif de l'hormone sexuelle* (*C. R. Soc. Biol.*, 92, 1925, p. 18).

(²) Heitz-Boyer, *in* Thèse Martin, *Le sphincter lisse urétro-vésical, et maladies cervico-prostatiques*, Paris, 1936.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUILLET 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un Volume intitulé Charles Flahault (1852-1935).

M. **G. Bouligand**, par l'organe de M. **E. Cartan**, fait hommage à l'Académie d'un ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Structure des théories. Problèmes infinis.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gaston et Albert Daniel. *Arts et techniques de la santé.*

2° *Archives de Neurologie*, Bucarest. Directeur : D. Paulian. 1re Année, nos 1 et 2 (présenté par M. A. Guilliermond).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions d'un système d'équations linéaires aux différences finies du premier ordre à coefficients constants.* Note (1) de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous étudions le comportement asymptotique des solutions des équations

$$(1) \qquad y_u(n+1) = \sum_{i=1}^{r} a_{ui} y_i(n) + f_u(n) \qquad (u = 1, 2, \ldots, r),$$

---

(1) Séance du 28 juin 1937.

où a_{ui} sont des nombres donnés. Dans ses importants travaux ([2]) M. Fréchet a résolu complètement la question dans le cas où les nombres $a_{ui}^{(n)}$, définis par $a_{ui}^{(n)} = \sum_{s=1}^{r} a_{us}^{(n-1)} a_{si}$, $a_{ui}^{(1)} = a_{ui}$, restent bornés. Ce cas est en relation intime avec la théorie des probabilités en chaîne. Dans cette Note, nous considérons le cas général en ne faisant aucune restriction sur les nombres a_{ki}. Posons

$$\varphi_u(z) = \sum_{n=1}^{\infty} z^{n-1} y_u(n), \qquad F_u(z) = \sum_{n=1}^{\infty} z^n f_u(n).$$

Multiplions les équations (1) par z^{n-1} et sommons les résultats pour $n = 1$, 2, ... On obtient ainsi le système

$$(2) \quad -\varphi_u(z) + z \sum_{i=1}^{r} a_{ui} \varphi_i(z) = -y_u - F_u(z), \qquad y_u(1) = y_u \quad (u = 1, 2, \ldots, r).$$

Désignons par $D(z)$ le déterminant $|\alpha_{ij}|$, où $\alpha_{ii} = z a_{ii} - 1$, $\alpha_{ij} = z a_{ij}$, et par $D_{sk}(z)$ la quantité adjointe de α_{sk} dans $D(z)$. De (2) on tire

$$(3) \qquad \varphi_u(z) = -\sum_{s=1}^{r} [y_s + F_s(z)] \frac{D_{su}(z)}{D(z)}.$$

Soient $\alpha_1, \ldots, \alpha_m$ les racines de l'équation $\Delta(z) = z^n D(1/z) = 0$, dont les ordres de multiplicité sont égaux à $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_m$. On aura

$$(4) \qquad \frac{D_{su}(z)}{D(z)} = \sum_{\mu=1}^{m} \sum_{i=1}^{\lambda_\mu} \frac{A_{\mu i}^{(s,u)}}{(1 - \alpha_\mu z)^i},$$

d'où et de (3) on obtient pour

$$(5) \quad y_u(n) = -\sum_{s=1}^{r} y_s \sum_{\mu=1}^{m} \sum_{i=1}^{\lambda_\mu} A_{\mu i}^{(s,u)} A_{n-1}^{i-1} \alpha_\mu^{n-1} - \sum_{s=1}^{r} \sum_{\mu=1}^{m} \sum_{i=1}^{\lambda_\mu} A_{\mu,i}^{(s,u)} \sum_{h=1}^{n-1} A_{h-1}^{i-1} \alpha_\mu^{h-1} f_s(n-h),$$

où $A_\mu^\nu = \binom{\mu+\nu}{\mu}$. De cette formule on tire les théorèmes suivants :

([2]) M. FRÉCHET, *Publications de la Faculté des Sciences de l'Université Masaryk*, fasc. **178**, 1933, Brno, p. 1-24, et *Étude du comportement asymptotique des solutions d'un système d'équations linéaires non homogène aux différences du premier ordre à coefficients constants* [*Bull. Soc. Math. Pol.* (sous presse)].

I. *Supposons que* $\Delta(z)=0$ *a seulement une racine* α_m *de plus grand module, dont la multiplicité est égale à* λ_m. *Supposons encore que les séries* $\sum_1^\infty z^n f_s(n)$ *soient sommables* $(C, \lambda_m - 1)$ *pour* $z = 1/\alpha_m$ *avec les sommes* $F_s(1/\alpha_m)$. *Alors le rapport* $y_u(n)/\alpha_m^{n-1} n^{\lambda_m - 1}$ *tend vers la limite*

$$-\frac{1}{(\lambda_m - 1)!}\sum_{s=1}^{r} A_{m,\lambda_m}^{(s,u)}\left[y_s + F_s\left(\frac{1}{\alpha_m}\right)\right].$$

II. *Désignons par* $\alpha_m, \ldots, \alpha_{q+1}$ *les zéros de* $\Delta(z)$ *d'ordre le plus élevé* g *et de plus grand module. Supposons que les séries* $\sum_1^\infty z^n f_k(n)$, $k = q+1, \ldots, m$, *soient sommables* $(C, g-1)$ *avec les sommes* $F_k(1/\alpha_m)$. *Alors la suite*

$$\frac{1}{A_n^{\delta+g-1}}\sum_{\nu=1}^{n} A_{n-\nu}^{\delta-1}\frac{y_k(\nu)}{\alpha_m^{\nu-1}}, \qquad 1 \leq k \leq r, \qquad \delta > 0$$

tend vers une limite déterminée.

Considérons maintenant le cas où $f_k(n)$ sont des polynomes de degré au plus égal à m, $f_k(n) = \alpha_{km} n^m + \ldots$. En se basant sur la formule de Cauchy on obtient

$$y_u(n) = -\frac{1}{2\pi i}\int_C \sum_{s=1}^{r}[y_s + F_s(z)]\frac{D_{su}(z)}{D(z)}\frac{dz}{z^n}.$$

En choisissant convenablement le contour C d'intégration, on démontre :

III. *Supposons que les zéros de* $\Delta(z)$ *soient en module* < 1. *Le rapport* $y_k(n)/n^m$ *tend vers la limite*

$$-\sum_{s=1}^{r}\alpha_{sm}\frac{D_{sk}(1)}{D(1)}.$$

IV. *Soit* 1 *zéro de* $\Delta(z)$ *d'ordre* q, *les autres zéros* α_μ *étant en module* < 1. *Dans ce cas le rapport* $y_k(n)/n^{m+q}$ *tend vers la limite*

$$-\frac{m!}{(m+q)!}\sum_{s=1}^{r}\alpha_{sm}\frac{D_{sk}(1)}{H(1)}, \quad \text{où} \quad H(z) = \frac{D(z)}{(1-z)^q}.$$

V. *Soit* 1 *un zéro de* $\Delta(z)$ *d'ordre* q, $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$ *les autres zéros de module* 1, *dont les multiplicités sont* $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$. *Supposons que les zéros*

restants sont plus petits que 1 *en module. Alors on a*

$$y_k(n) = -m!\,A_{n-m-1}^{m+q}\sum_{s=1}^{r}\alpha_{sm}\frac{D_{sk}(1)}{H(1)} + o(n^{m+q})$$
$$+\sum_{\mu=1}^{p}\left[(-1)^{\lambda_\mu}g_{k\mu}\left(\frac{1}{\alpha_\mu}\right)\alpha_\mu^{\lambda_\mu+n-1}A_{n-1}^{\lambda_\mu-1} + o(n^{\lambda_\mu-1})\right],$$

où l'on a posé

$$D_\mu(z) = \frac{D(z)}{(z-\beta_\mu)^{\lambda_\mu}},\qquad \beta_\mu = \frac{1}{\alpha_\mu},\qquad g_{k\mu}(z) = -\sum_{s=1}^{r}[y_s + F_s(z)]\frac{D_{sk}(z)}{D_\mu(z)}.$$

VI. *Dans le cas où* $\Delta(z)$ *a des zéros de module* > 1, *soit* α_1 *le zéro du plus grand module, supposé seul, dont la multiplicité est égale à* λ_1. *Alors le rapport* $y_k(n)/\alpha_1^m n^{\lambda_1-1}$ *tend vers la limite*

$$\frac{(-1)^{\lambda_1-1}}{\lambda_1!}\alpha_1^{\lambda_1-1}\sum_{s=1}^{r}[y_s + F_s(\beta_1)]\frac{D_{sk}(\beta_1)}{D_1(\beta_1)},\qquad D_1(z) = \frac{D(z)}{(z-\beta_1)^{\lambda_1}}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Discussion du problème de Dirichlet* [1].
Note [2] de M. **Jean Leray**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit l'équation aux dérivées partielles, du type elliptique

(1) $$f(r, s, t, p, q, x, y, z) = 0$$
$$(f_s'^2 < 4f_r'f_t',\ f_r' > 0 \text{ pour } f = 0;\ r = z''_{x^2},\ \ldots,\ q = z'_y);$$

la surface d'équation (1) décomposera l'espace (r, s, t) en deux domaines.

Soit une solution $z(x, y)$ de (1) limitée par un contour γ d'un ou plusieurs tenants; soit Γ' le cylindre parallèle à Oz passant par γ; soit Γ l'intérieur de Γ'; Γ et Γ' seront tronqués par deux surfaces Σ_1 et Σ_2 entre lesquelles $z(x, y)$ se trouvera inclus. Pour majorer $p^2 + q^2$ en fonction de γ, Σ_1 et Σ_2, effectuons le changement de coordonnées

(2) $$x = Z,\qquad y = Y,\qquad z = X$$
$$(p = P^{-1},\ q = -QP^{-1},\ r = -Rp^3,\ s = -Rp^2q - Sp^2,\ t = -Rpq^2 - 2Spq - Tp),$$

---

[1] Cette Note prolonge le paragraphe 12 de ma Thèse (*Journal de Math.*, 9ᵉ série, 12, 1933, p. 16) et les Chapitres IV et V de mon travail en collaboration avec M. J. Schauder (*Ann. sc. de l'École Norm. sup.*, 51, 1934, p. 45).

[2] Séance du 12 juillet 1937.

et mettons (1) sous la forme

$$R + F(S, T, P, Q, x, y, z) = 0 \qquad (F_S'^2 \leq 4F_T'). \tag{3}$$

1. Cas général. — Commençons par énoncer certaines conditions :

Conditions imposées à l'équation [3]. — Soient $\mathcal{E}_-(\pm)$, $\mathcal{E}_0(\pm)$, $\mathcal{E}_+(\pm)$ les ensembles des points (T, Q, x, y, z) en lesquels

$$F(0, T, \pm 0, Q, x, y, z) < 0, = 0, > 0;$$

a. sur $\mathcal{E}_0(+)$ et sur $\mathcal{E}_0(-)$, (Q, x, y, z) prend tous les systèmes de valeurs possibles;

b. $\pm F_z'(0, T, \pm 0, Q, x, y, z) \geq 0$ sur $\mathcal{E}_0(\pm)$ et en son voisinage;

c. ou bien : c_1. $\mathcal{E}_0(+)$ et $\mathcal{E}_0(-)$ sont bornés; ou bien : c_2. $\mathcal{E}_-(\pm)$ et $\mathcal{E}_+(\pm)$ n'ont pas de point frontière commun;

d. quand (T, Q, x, y, z) est voisin de $\mathcal{E}_0(\pm)$ et que S et P sont voisins de 0, les dérivées secondes (cas c_1) ou troisièmes (cas c_2) de F sont bornées.

Condition imposée au contour. — Il existe une constante $\varepsilon \gtrless 0$ suivant que Γ est par rapport à Γ' du côté $x = \pm\infty$, telle que l'on ait sur Γ'

$$\varepsilon F(0, x_{y^2}'' - \varepsilon(1 + x_y'^2)^{\frac{3}{2}}, \pm 0, x_y', x, y, z) \geq 0. \tag{4}$$

Remarques. — Tous les contours satisfont à (4) si $\mathcal{E}_-(\pm)$ et $\mathcal{E}_+(\pm)$ sont vides; sinon le problème de Dirichlet est impossible pour certains contours; *a.* entraîne que (4) est vérifiée quand le cylindre Γ est convexe et a une courbure suffisamment grande. Si l'inégalité *b.* n'a pas lieu en un point de $\mathcal{E}_0(\pm)$, où F est analytique, la majoration de $p^2 + q^2$ est impossible.

Extension d'un théorème de M. S. Bernstein [4]. — Quand l'équation (1) et le contour γ vérifient les conditions précédentes on peut majorer $p^2 + q^2$ en fonction de γ, Σ_1 et Σ_2.

Ce théorème se déduit facilement d'une généralisation aisée de la notion de fonction surharmonique et du *lemme* fondamental de M. S. Bernstein : « Une fonction $w(p, q, x, y, z)$ n'admet de minimum intérieur sur aucune solution de (1), quand elle vérifie une certaine inégalité aux dérivées partielles, du second ordre ». M. S. Bernstein avait supposé f linéaire en r, s, t et avait limité ses conclusions au cas où $F(0, 0, \pm 0, Q, x, y, z) = 0$, ce qui faisait jouer un rôle spécial au cas où le cylindre Γ est convexe. Nos conditions sont au contraire invariantes pour toute transformation ponctuelle transformant entre elles les parallèles à l'axe des z.

---

[3] On suppose que les conditions énoncées restent vérifiées quand on permute les rôles de x et y; on peut supposer $|Q| \leq 1$.

[4] *Ann. sc. de l'École Norm. sup.*, **29**, 1912, p. 455.

Extension d'un théorème d'existence de M. E. Picard ([5]). — (Corollaire du précédent.)

Supposons f linéaire en r, s, t; soient deux surfaces $\Sigma_1(x, y)$ et $\Sigma_2(x, y)$ sur lesquelles on ait respectivement $f \leqq 0$ et $f \geqq 0$; supposons $\Sigma_1 > \Sigma_2$; soit un contour régulier γ tracé entre Σ_1 et Σ_2. Si l'équation (1) et γ vérifient les conditions ci-dessus, γ limite au moins une solution régulière de (1).

2. Compléments :

Les deux théorèmes précédents valent encore quand on connaît ∞^3 intégrales de (1) permettant de tirer convenablement parti du *lemme* suivant : *Soient, dans l'espace* E^5 (p, q, x, y, z), *une variété* v^2 *image d'une intégrale de* (1) *et une variété* v^3 *image de* ∞^1 *intégrales de* (1) *sans enveloppe; tous les points d'intersection de* v^2 *et de* v^3 *ont un indice topologique positif.* Donnons un exemple, où ces intégrales connues sont des cylindres à génératrices parallèles au plan xy.

Les deux théorèmes précédents valent quand les conditions imposées au contour et à l'équation sont les suivantes :

Condition imposée au contour (dite condition des 3 points). — Le cylindre Γ est convexe; aucun plan parallèle à l'axe des z ne peut être limite de plans coupant γ en 3 points au moins.

Conditions imposées à l'équation ([2]). — $F(0, 0, P, Q, x, y, z)$ est indépendant de x et y quand P est voisin de 0; une intégrale variable de l'équation différentielle

$$P'_z + F(0, 0, P, Q, z) = 0,$$

où Q est un paramètre variable, ne peut tendre vers 0 pour une valeur de z sans converger uniformément vers 0 quel que soit z.

Application au calcul des variations. — Supposons que (1) exprime l'extrémum de

$$\iint g(p, q, z)\, dx\, dy \qquad (g''^2_{pq} < g''_{p^2} \cdot g''_{q^2};\ g''_{p^2} > 0).$$

Soit $h(p^2 + q^2, \text{arc.tg}\, p/q, z) = p g'_p(p, q, z) + q g'_q(p, q, z) - g(p, q, z)$; h croît avec $p^2 + q^2$. Le système des conditions imposées à (1) par ce paragraphe-ci équivaut au suivant :

Quand $p^2 + q^2 \to \infty$, h doit tendre uniformément vers sa limite (finie ou infinie) et cette limite doit être indépendante de z.

([5]) Voir les *Leçons* de M. E. Picard, rédigées par M. Brelot (*Cahiers scientifiques* de M. Julia, 1930).

ÉLASTICITÉ. — *Équations complètes de l'équilibre des couches minces élastiques gauches.* Note [1] de M. **Folke Odqvist**.

On sait que la théorie générale des couches minces élastiques gauches (angl. *shells*, all. *Schalen*) [2] conduit à une contradiction qui se relève seulement en introduisant des termes de second ordre. La théorie est fondée en première approximation sur la supposition que les normales de la surface médiane gauche sont conservées pendant la déformation (hypothèse de Bernoulli). Nous nous proposons de donner ici une théorie complète, indépendante de cette hypothèse.

Considérons un système de coordonnées triples orthogonaux, dont l'élément de ligne est

$$ds^2 = (R_1 + z)^2 d\varphi_1^2 + (R_2 + z)^2 d\varphi_2^2 + dz^2, \tag{1}$$

où $R_1 d\varphi_1$ et $R_2 d\varphi_2$ sont les éléments d'arc des lignes de courbure sur la surface médiane $z = 0$ du couche. La troisième coordonnée le long de la normale de la surface est z.

On peut partir de la supposition que les composants de tension $\sigma_{\mu\nu}$ peuvent se développer en série suivant les puissances de z. Alors écrivons, en retenant seulement deux termes pour chaque composant,

$$\left\{\begin{array}{lll} \sigma_{11} = S_1 + z M_1, & \sigma_{12} = \sigma_{21} = S_{12} + z M_{12}, & \sigma_{22} = S_2 + z M_2, \\ \sigma_{23} = T_{23}\left(1 - \dfrac{z^2}{h^2}\right), & \sigma_{31} = T_{31}\left(1 - \dfrac{z^2}{h^2}\right), & \sigma_{33} = S_3\left(1 - \dfrac{z^2}{h^2}\right). \end{array}\right. \tag{2}$$

Ici l'on a déjà supposé que les contraintes extérieures sur les faces du couche $z = \pm h$ sont nulles. Introduisant les expressions (1) et (2) dans les équations de l'équilibre pour le système de coordonnées considéré, on obtient six équations (3) pour les neuf coefficients S_1, M_1, ..., S_3.

Pour obtenir encore trois équations, il faut se rappeler la loi de Hooke généralisée $\varepsilon_{11} = [\sigma_{11} - \nu(\sigma_{22} + \sigma_{33})].2/E$, ..., $\varepsilon_{12} = (1 + \nu)\sigma_{12}.2/E$, ..., et employer les équations de compatibilité d'une Note précédente. On trouve qu'une équation (I) ($\lambda = 1$) et deux équations (II) ($\lambda = 1$ et $\lambda = 2$) sont les seules qu'il faut employer. Ainsi, l'on obtient précisément trois

---

[1] Séance du 12 juillet 1937.

[2] Voir A. E. H. Love, *The Math. Th. of Elast.*, 4e édit., Cambr., 1927, p. 564.

équations, savoir :

$$(4)\quad \frac{\partial^2}{\partial\varphi_1^2}R_2^2[S_2-\nu(S_3+S_1)]+\frac{\partial^2}{\partial\varphi_2^2}R_1^2[S_1-\nu(S_2+S_3)]-2(1+\nu)\frac{\partial^2}{\partial\varphi_1\,\partial\varphi_2}R_1R_2S_{12}$$

$$=-\frac{S_1-\nu(S_2+S_3)}{2R_1^2}\left\{\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_1}\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}+\left(\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}\right)^2\right\}-\frac{S_2-\nu(S_3+S_1)}{2R_2^2}\left\{\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_2}+\left(\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}\right)^2\right\}$$

$$+2[S_3-\nu(S_1+S_2)]R_1R_2+\frac{(1+\nu)S_{12}}{2R_1R_2}\left\{\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_1}\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_2}-\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}\right\}$$

$$+(1+\nu)\left\{\frac{T_{31}}{R_1}\left[R_1\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}-R_2\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_1}\right]+\frac{T_{23}}{R_2}\left[R_2\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}-R_1\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_2}\right]\right\}$$

$$+\frac{1}{2R_1^2}\left\{\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_1^2[S_1-\nu(S_2+S_3)]+\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_1}\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_2^2[S_2-\nu(S_3+S_1)]\right.$$

$$\left.-2(1+\nu)\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_1}\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1R_2S_{12}+2\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1^2[S_1-\nu(S_2+S_3)]\right\}$$

$$+\frac{1}{2R_2^2}\left\{\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_2^2[S_2-\nu(S_3+S_1)]+\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_2}\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1^2[S_1-\nu(S_2+S_3)]\right.$$

$$\left.-2(1+\nu)\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_2}\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_1R_2S_{12}+2\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_2^2[S_2-\nu(S_3+S_1)]\right\}$$

$$-R_1\{2R_2[S_2-\nu(S_3+S_1)]+R_2^2(M_2-\nu M_1)\}+2(1+\nu)R_1\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_2T_{23}$$

$$-R_2\{2R_1[S_1-\nu(S_2+S_3)]+R_1^2(M_1-\nu M_2)\}+2(1+\nu)R_2\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_1T_{31}.$$

$$(5)\quad \frac{\partial}{\partial\varphi_2}\{R_1^2(M_1-\nu M_2)+2R_1[S_1-\nu(S_2+S_3)]\}$$

$$-(1+\nu)\frac{\partial}{\partial\varphi_1}\left\{-\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_2T_{23}+\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1T_{31}+R_1R_2M_{12}+(R_1+R_2)S_{12}\right\}$$

$$=-\frac{S_1-\nu(S_2+S_3)}{R_1^2}R_1\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}-\frac{S_2-\nu(S_3+S_1)}{R_2^2}R_2\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}$$

$$-\frac{(1+\nu)S_{12}}{R_1R_2}\left[R_1\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}-R_2\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_1}\right]-2(1+\nu)R_1T_{23}+R_1\frac{\partial}{\partial\varphi_2}[S_3-\nu(S_1+S_2)]$$

$$+\frac{1}{2R_1^2}\left\{\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}\left[R_1^2(M_1-\nu M_2)+2R_1[S_1-\nu(S_2+S_3)]\right]\right.$$

$$+2R_1\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1^2[S_1-\nu(S_2+S_3)]$$

$$\left.-(1+\nu)\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_1}\left[-\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_2T_{23}+\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1T_{31}+R_1R_2M_{12}+(R_1+R_2)S_{12}\right]\right\}$$

$$+\frac{1}{2R_2^2}\left\{\frac{\partial R_1^2}{\partial\varphi_2}\left[R_2^2(M_2-\nu M_1)+2R_2[S_2-\nu(S_3+S_1)]\right]\right.$$

$$-2R_2\left[-\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1^2[S_1-\nu(S_2+S_3)]+2(1+\nu)\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_1R_2S_{12}\right]$$

$$\left.+(1+\nu)\frac{\partial R_2^2}{\partial\varphi_1}\left[-\frac{\partial}{\partial\varphi_2}R_1T_{31}+\frac{\partial}{\partial\varphi_1}R_2T_{23}+R_1R_2M_{12}+(R_1+R_2)S_{12}\right]\right\}.$$

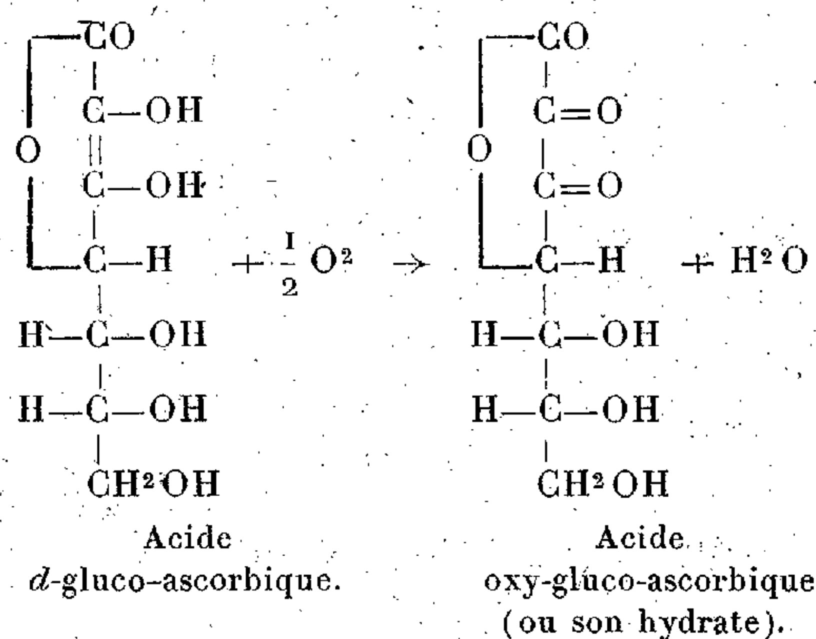
On obtient la troisième équation (6) en permutant les indices 1 et 2 en (5).

Les équations (3), ..., (6) forment neuf équations pour les inconnues S_1, M_1, ..., S_3.

On voit aisément qu'il existe des relations simples entre les coefficients S_1, M_1, ... et les grandeurs G_1, G_2, H_1, H_2, N_1, N_2, S_1, S_2, T_1, T_2, introduites par Love (³). La principale différence entre sa théorie et la nôtre est que le coefficient S_3 (supposé $\equiv 0$ par Love) est ici en général différent de zéro.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les constantes de dissociation de l'acide d-gluco-ascorbique et de son produit d'oxydation par l'iode. Spectres d'absorption U. V. de l'acide d-gluco-ascorbique.* Note (¹) de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Georges Urbain.

L'acide *d*-gluco-ascorbique est l'un des homologues supérieurs en C^7 de l'acide ascorbique; sa molécule contient donc le groupement caractéristique en-diol-α-cétonique et l'oxydation quantitative par l'iode conduit à l'acide oxy-gluco-ascorbique, analogue à l'acide oxy-ascorbique. Ces acides répondent aux formules



Acide *d*-gluco-ascorbique.

Acide oxy-gluco-ascorbique (ou son hydrate).

Pour préparer l'acide *d*-gluco-ascorbique, je me suis adressé à la méthode des *osones* décrite par T. Reichstein, A. Grüssner et R. Oppenauer (²).

(³) *Loc. cit.*, p. 528.

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

(²) *Helv. Chim. Acta*, 17, 1934, p. 510.

Les rendements sont très mauvais, mais l'acide est finalement obtenu à l'état cristallisé très pur (100 pour 100 pour le titre à l'iode). L'étude des constantes de dissociation classiques (apparentes) de cet acide a été faite par les méthodes électrométrique et spectrographique dans l'U. V.

A. *Électrométrie.* — La technique employée a été déjà décrite ([3]). Les courbes obtenues conduisent, à 20°, aux valeurs suivantes :

1° *Acide d-gluco-ascorbique.*

$pk_1 = 4,26 \pm 0,02$ et $pk_2 = 11,58$ (corrigé pour activité, volume et soude libre)

ou, ce qui revient au même,

$$k_1 = 5,5.10^{-5} (\pm 0,25.10^{-5}) \quad \text{et} \quad k_2 = 2,63.10^{-12}.$$

2° *Acide oxy-gluco-ascorbique.* — Les constantes déduites des courbes de titrage obtenues après établissement des équilibres ([3]) sont :

$$k_1 = 2,2.10^{-4} \quad \text{et} \quad k_2 \cong 7,1.10^{-9},$$

et, après titrage en retour par HCl,

$$k'_1 = 1,6.10^{-3}, \quad k'_2 = 6,3.10^{-5} \quad \text{et} \quad k'_3 = 1,6.10^{-9}.$$

La constante obtenue, par contre, après un titrage effectué sans attendre l'équilibre des potentiels dans la région instable ([3]), est

$$k \cong 2,8.10^{-9}.$$

B. *Spectrographie dans l'U. V.* — La technique, qui comporte un grand spectrographe de Féry, a été déjà utilisée par exemple, par R. Wurmser, N. Mayer et O. Crépy ([4]). Ayant exploré tout le domaine des pH de 1 à 14, j'ai constaté, pour la première fois, que cette méthode est particulièrement indiquée pour *mettre en évidence de très faibles constantes de dissociation*, constantes qui, par les autres méthodes (électrométrique, conductimétrique, etc.), sont beaucoup moins apparentes et difficiles à déterminer. En effet, si l'on porte sur un graphique, en ordonnées les longueurs d'ondes des maxima d'absorption, λ_M, et en abscisses les pH, on obtient, dans le cas de l'acide *d*-gluco-ascorbique, la courbe ci-après.

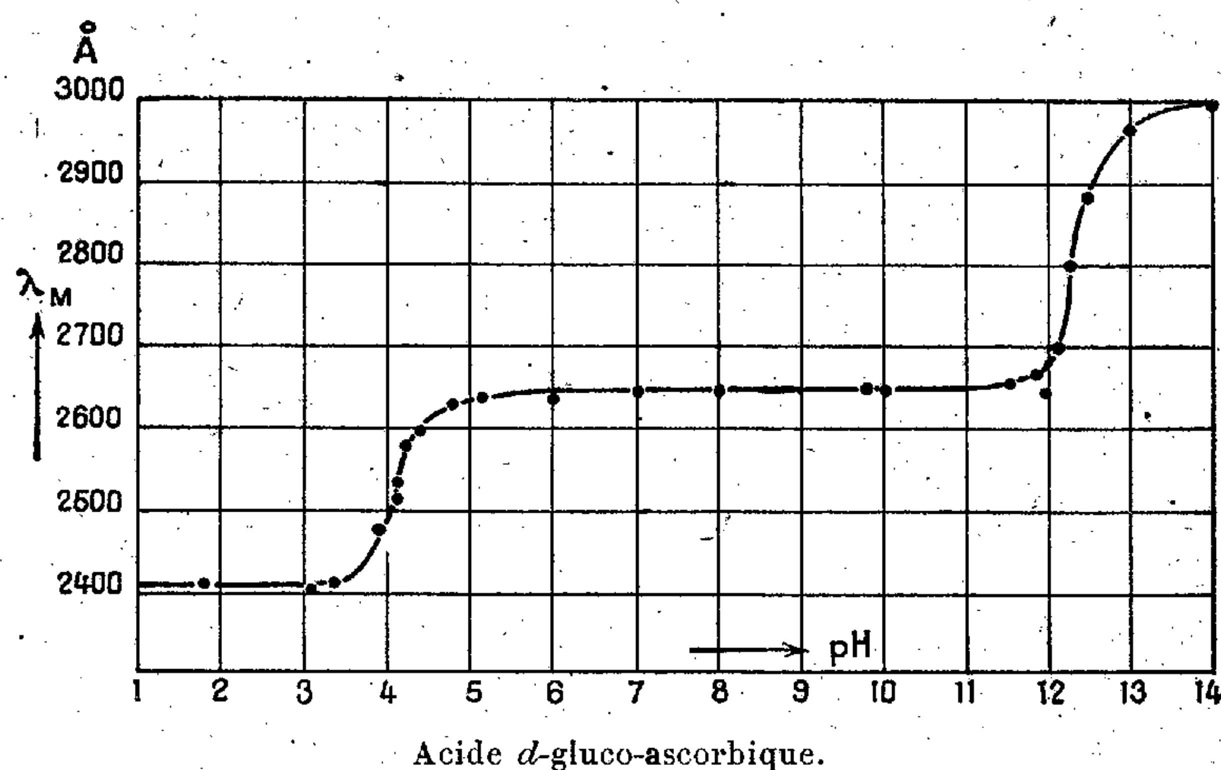
Il est frappant de constater que la deuxième dissociation ressort de cette courbe, aussi nettement que la première. Si les valeurs des pk_2 électromé-

---

([3]) G. Carpéni, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1065; 203, 1936, p. 75 et 1156.

([4]) *Journ. Chim. phys.*, 33, 1936, p. 101.

trique et spectrographique ne sont seulement que du même ordre de grandeur, cela tient au fait que les forces ioniques des solutions employées en électrométrie et spectrographie étaient *assez différentes*. De plus une certaine erreur sur les *pk* spectrographiques et surtout sur pk_2 est inévitable, à cause de la dilution considérable (env. M/10000) et de l'altéra-



Acide *d*-gluco-ascorbique.

bilité des solutions. Le calcul des constantes d'après les spectres U. V. conduit aux valeurs

$$k_1 = 7,1.10^{-5} \quad \text{et} \quad k_2 = 0,56.10^{-12}$$

(k_2 ainsi calculée diffère légèrement de la valeur déduite de la courbe).

C. *Conclusion*. — Si l'on compare les valeurs des constantes de dissociation des acides *d*-gluco-ascorbique et oxy-gluco-ascorbique avec celles des acides *l*-ascorbique (vitamine C) et oxy-ascorbique ([5]), on constate d'une façon générale que les valeurs correspondantes aux acides gluco-ascorbiques sont légèrement *plus faibles*. Si l'augmentation du nombre d'atomes de Carbone ou la longueur de la chaîne n'a pas une grosse influence sur l'aptitude à la dissociation des $2H^+$ énoliques, qui manifestement sont responsables des deux acidités, cette influence semble pourtant s'exercer dans le sens d'un *affaiblissement* de la force des acides.

([5]) G. Carpéni, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 75.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres Raman des deux formes moléculaires du pentachlorure de phosphore.* Note de MM. **Henri Moureu**, **Michel Magat** et **Georges Wétroff**, présentée par M. Paul Langevin.

Les anomalies que présente le pentachlorure de phosphore au voisinage de son point de fusion nous avaient conduits à la conclusion qu'il doit exister chez ce composé deux formes différentes correspondant chacune à une structure moléculaire distincte ([1]). L'étude de l'effet Raman nous permet de préciser cette conception et de proposer deux modèles stéréochimiques pour la molécule du pentachlorure de phosphore, suivant que ce corps se trouve à l'état solide ou à l'état liquide.

Ce fait, à notre connaissance unique dans la Chimie minérale, d'un composé ne conservant pas la même forme structurale en passant d'un état physique à l'autre, se manifeste, du point de vue de l'effet Raman, par l'existence de deux spectres différents suivant que l'on est en deçà ou au delà du point de fusion. Les données expérimentales sont résumées dans le tableau ci-dessous.

PCl^5 liquide.			PCl^5 solide.		
			Fréquences		
Fréquences en cm^{-1}.	Intensité.	Dépolarisation.	en cm^{-1} ([2]).	en cm^{-1}.	Intensité.
100	10,0 (l)	p	248	244	4 (s)
190	0,7 (d)	~ 6/7	357	356	10 (s)
271	6,3 (s)	~ 6/7	405	409	2 (s)
392	6,5 (ss)	P	450	450	8 (s)
449	0,2 (d)	~ 6/7	—	—	—
495	0,2 (d)	~ 6/7	—	—	—

On peut se demander si le changement de structure moléculaire coïncide exactement avec le phénomène de la fusion; il semble qu'il en soit bien ainsi, puisqu'un cliché pris durant la fusion du pentachlorure de phosphore montre la superposition des spectres du liquide et du solide. Les deux structures moléculaires coexistent donc pendant la fusion, qui de cette manière paraît bien constituer la limite de séparation des deux formes.

Examinons maintenant les modèles stéréochimiques que les résultats de

([1]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 257.

([2]) D'après P. Krishnamurti, *Indian J. Phys.*, **5**, (II), 1930, p. 116.

l'effet Raman nous permettent d'attribuer au pentachlorure de phosphore. Le spectre du liquide conduit sans ambiguïté à admettre que la molécule possède la symétrie de la bipyramide trigonale; le phosphore est placé au centre d'un triangle formé par trois atomes de chlore, les deux autres se trouvant de part et d'autre du plan ainsi défini. Les diverses possibilités de vibration pour un tel modèle de molécule ont été discutées à propos d'un composé PF^3Cl^2 (³) et l'on retrouve expérimentalement pour le pentachlorure de phosphore toutes les prévisions théoriques, à savoir l'existence de six raies Raman dont deux sont polarisées. Par ailleurs, d'après les durées de pose des clichés et la précision apportée aux expériences, on peut affirmer qu'aucune raie supplémentaire n'est passée inaperçue (⁴), ce qui exclut les autres structures théoriquement possibles de la molécule PCl^5. On remarquera que la bipyramide trigonale semble être, si l'on se réfère au travail théorique de Kapustinsky (⁵), la structure permettant la condensation maxima dans le cas d'une molécule AX^5.

Le spectre obtenu avec le PCl^5 solide ne permet pas des conclusions aussi catégoriques sur la structure à attribuer à la molécule dans cet état. L'interprétation que nous proposons, d'après nos expériences, est la suivante : l'atome de phosphore se trouve au centre d'un tétraèdre régulier formé par quatre atomes de chlore; c'est cet ensemble stéréochimique qui se manifeste par les quatre raies observées dans le spectre, ce qui est en parfait accord avec les prévisions qu'on peut faire pour ce modèle moléculaire (⁶). Quand au cinquième atome de chlore, il se trouve en dehors de ce tétraèdre, lié à l'atome de phosphore par une liaison faible. Il y a là deux manières de concevoir le phénomène : on peut, d'une part, faire apparaître une liaison par électrovalence, suivant une suggestion déjà ancienne de Langmuir, et écrire le PCl^5 solide $(PCl^4)^+Cl^-$, ou encore considérer cette liaison comme homéopolaire et se faisant par l'intermédiaire d'un électron *d* (les quatre premières étant effectuées par un électron *s* et trois électrons *p*). On devrait toutefois trouver dans ce dernier cas une cinquième fréquence Raman due à la vibration l'un par rapport à l'autre de l'ensemble PCl^4 et du cinquième atome de chlore. Mais, en raison de la masse élevée du tétraèdre PCl^4, cette fréquence doit être très faible et peut par conséquent

(³) E. B. Wilson, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 432.

(⁴) La septième raie que nous avions signalée dans notre précédente Note n'a pas pu être retrouvée sur les divers enregistrements photométriques et doit être écartée.

(⁵) *Z. phys. Chem.*, (B), 8, 1930, p. 72.

(⁶) Voir les *Tables annuelles de Constantes*, XI, 26, p. 105.

échapper assez facilement à l'observation étant données les difficultés expérimentales (on opère sur une poudre cristalline colorée en jaune, et la raie excitatrice 5461 Å utilisée de ce fait est peu active dans le Raman).

Il semble donc que dans la molécule PCl^5 liquide, les cinq atomes de chlore soient liés au phosphore par des liaisons homéopolaires, avec « hybridisation » complète des fonctions d'ondes électroniques. A l'état solide, il n'y a superposition des fonctions d'ondes que pour quatre électrons. Le cinquième électron (d) reste indépendant des autres; le dernier chlore est probablement attaché au phosphore par une liaison en partie ionique, en partie homéopolaire, ce qui peut expliquer l'absence de la raie correspondante sur les clichés.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *La dissociation des peroxydes et la* flamme froide *des hydrocarbures*. Note de MM. **Moïse Neumann** et **Paul Toutakin**.

Ainsi que le montrent les expériences de Prettre [1] et celles de Townend et de ses collaborateurs [2], la courbe des variations de la pression limite d'inflammation spontanée des mélanges d'hydrocarbures et d'oxygène ou d'air en fonction de la température, présente toujours un minimum dans l'intervalle 200-450° C. C'est dans cet intervalle que l'on observe la formation de *flammes froides*.

Afin d'expliquer cette formation des flammes froides, Aïvazov et l'un de nous [3] ont admis l'existence, pendant la période d'induction, d'une *réaction en chaînes* lente qui provoque l'accumulation d'un produit intermédiaire X. Cette substance est relativement stable aux faibles concentrations, mais subit une dissociation brusque dès que sa pression partielle atteint une valeur critique. A la suite de cette réaction apparaissent des centres actifs donnant naissance à une réaction en chaînes intense qui est accompagnée d'une flamme froide. Cette hypothèse a permis de donner une explication quantitative des lois d'apparition de la flamme froide.

Dans le présent travail, nous avons tenté de préciser la nature des pro-

---

(1) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 51, 1932, p. 1132.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, 141, 1933, p. 484; 143, 1933, p. 168; 146, 1934, p. 113; 154, 1936, p. 95.

(3) Aïvazov et Neumann, *Acta Physicochim. U. R. S. S.*, 4, 1936, p. 575; 6, 1937, p. 279; *Z. phys. Chem.*, B, 33, 1936, p. 349.

duits capables de jouer le rôle de la substance X. Ainsi que l'ont démontré plusieurs expérimentateurs, comme Mondain-Monval et Quanquin [4], l'oxydation lente des hydrocarbures entraîne la formation d'aldéhydes, d'alcools, de peroxydes et d'autres produits oxydés.

Nos expériences avec le diéthylperoxyde ont démontré que cette substance se dissocie très lentement aux basses pressions. Mais il existe à chaque température comprise entre 200 et 300°, une pression critique au delà de laquelle elle se dissocie brusquement, immédiatement après son introduction dans le récipient chauffé. Cette dissociation est accompagnée de chimi-luminescence.

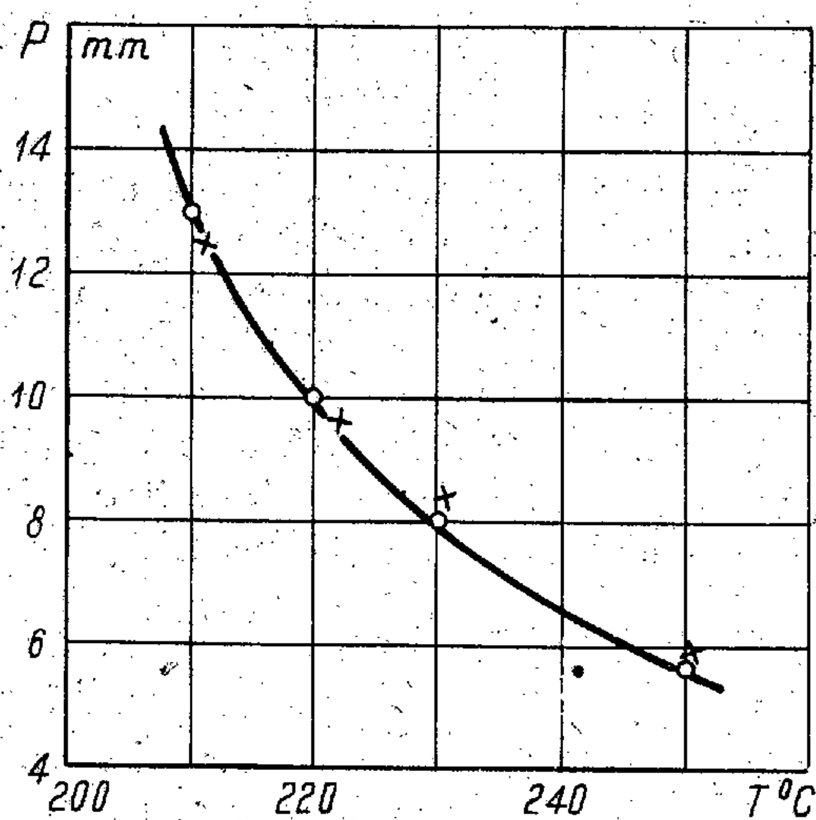


Fig. 1.

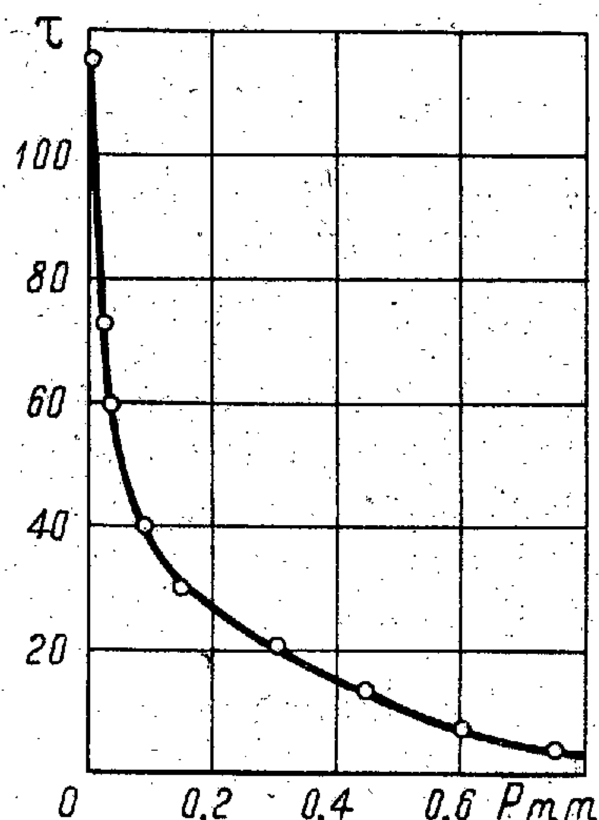


Fig. 2.

Les pressions critiques de la dissociation explosive du diéthylperoxyde sont représentées par des cercles sur la figure 1. La courbe de cette figure, limitant le domaine d'explosion spontanée de ce peroxyde, satisfait à l'équation de Semenoff [5]

$$\log p = \frac{2300}{T} - 3,687.$$

Par extrapolation, nous pouvons calculer que la pression critique p est de $2^{mm},1$ environ à 300° et de 1,6 à 320°.

Nous avons ensuite étudié l'influence de ce peroxyde sur la formation des flammes froides dans un mélange équimoléculaire de butane et d'oxygène sous la pression de 300^{mm}.

---

(4) *Annales de Chimie*, 15, 1931, p. 209.
(5) *Kinetics of Chain Reactions*, Oxford, 1935.

La flamme froide apparaît à 295° quand on introduit ce mélange dans un récipient de quartz de 35mm de diamètre. Mais si l'on ajoute à ce mélange une pression d'au moins 12mm,5 de diéthylperoxyde, et qu'on l'introduise dans le même récipient chauffé à 211°C. seulement, l'explosion du peroxyde et la flamme froide se produisent dès que les réactifs se sont échauffés. Si la pression de peroxyde est inférieure à 12mm,5, on observe que la dissociation lente de cette substance et le butane ne s'oxyde pas. Les concentrations critiques de peroxyde nécessaires pour provoquer la formation des flammes froides, dans le mélange $C^4H^{10} + O^2$ sous 300mm entre 200 et 250°, sont représentées par des croix sur la figure 1.

Nos expériences démontrent donc que la pression de peroxyde nécessaire et suffisante pour la formation des flammes froides est égale, dans les limites de la précision expérimentale légitime, à la pression critique d'explosion du peroxyde.

L'analyse des mélanges de pentane et d'oxygène maintenus à 320° a montré qu'à la fin de la période d'induction de l'oxydation, il est possible de déceler de petites quantités de peroxydes organiques. Leur pression partielle est voisine de 1mm,5, ce qui concorde avec la valeur de la pression critique d'explosion de l'éthylperoxyde.

La période d'induction précédant l'apparition de la flamme froide est de 115 secondes pour le mélange $C^5H^{12} + O^2$ maintenu à 300° sous une pression de 200mm. Si ce mélange est additionné de diverses pressions de peroxyde inférieures à la valeur critique d'explosion, la période d'induction varie en fonction de cette addition selon la courbe de la figure 2.

Ces résultats confirment pleinement l'hypothèse formulée par Aïvazov et l'un de nous et il est fort probable que ce sont les peroxydes qui assument le rôle de la substance X, dont l'accumulation pendant la période d'induction entraîne la formation des flammes froides.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le microdosage volumétrique de l'oxygène* (Procédé ter Meulen) [1]. Note [2] de Mlle **Alice Lacourt**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le principe du dosage volumétrique de l'oxygène consiste à faire agir sur un chlorure d'acide, l'eau formée par hydrogénation et à titrer l'acide chlorhydrique dégagé en quantité correspondante. Lindner a déjà mis ce

[1] H. ter Meulen, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, **41**, 1922, p. 509; **43**, 1924, p. 879; *Chem. Weekblad*, **27**, 1930, p. 18.

[2] Séance du 19 juillet 1937.

principe en pratique dans le dosage de l'hydrogène (³). Son application au dosage de l'oxygène par hydrogénation nous a paru également intéressante. L'eau agissant sur le chlorure d'acide selon le schéma



$$2RCOCl + H^2O = R(CO)^2O + 2HCl,$$

il en résulte que chaque atome d'oxygène correspond à 2^{mol} d'acide chlorhydrique. Il est à prévoir dès lors que ce dosage volumétrique soit réalisable avec une approximation de $\pm 0,3$ pour 100 à partir de prises d'essais variant de 3 à 5^{mg} (pesés à $\pm 0,001^{mg}$) en utilisant des solutions titrées $n/20$ et des burettes graduées au 0,01 de centimètre cube.

Nous avons choisi le chlorure de cinnamoyle (ébull. $130°/12^{mm}$; fus. 35°-36°) facile à préparer et préconisé par le professeur C. J. van Nieuwenburg (⁴) pour le microdosage de l'eau dans les sels hydratés.

Le tube à chlorure de cinnamoyle est un absorbeur cylindrique (⁵) à un seul rodage. L'absorption de l'eau y est assurée par un barbotage en spirale dans 1^{cm^3} de ce chlorure, maintenu entre 65° et 70° dans un bain de stéarine semi-fondue. Le chlorure est protégé du côté du récipient de titrage par un desséchant ($CaCl^2$ ou P^2O^5). Une rotation du rodage de 90° met le chlorure de cinnamoyle à l'abri entre deux analyses et permet d'interrompre celles-ci à volonté. Dans les conditions où nous avons opéré cette quantité de chlorure est suffisante pour une dizaine d'analyses. Cet appareil fait directement suite au tube analytique, il est raccordé par un rodage à un récipient de titrage du type de ceux utilisés dans les méthodes volumétriques de ter Meulen, mais permettant l'obturation et l'addition des solutions titrées à l'abri de l'anhydride carbonique.

L'acide chlorhydrique, ainsi que la minime quantité d'anhydride carbonique provenant de l'analyse sont titrés par de la soude ou de la baryte $n/20$ en présence de phénolphtaléine à l'abri de l'air. L'excès d'alcali peut être titré en retour.

Rien n'a été changé à l'appareil d'hydrogénation (⁶); le chauffage du catalyseur est réalisé électriquement et le débitmètre de précision est intercalé entre les laveurs et le tube à amiante platiné. Le catalyseur est le nickel thoriné (⁷).

Comme dans la méthode gravimétrique, il est important, du point de vue de la précision du résultat, de déterminer la valeur à blanc de façon rigoureuse. Celle-ci a généralement été de l'ordre de $0^{cm^3},001$ de NaOH $n/20$ par minute, l'observation

---

(³) *Zeitschrift f. analyt. Chemie*, 66, 1925, p. 305.

(⁴) C. J. van Nieuwenburg, *Mikrochimica Acta*, 1, 1937, p. 72.

(⁵) L'absorbeur est inspiré du modèle d'absorbeur de A. Friedrich, *Mikrochemie*, 19, 1935, p. 23; *Molisch. Festschrift*, 1936, p. 118.

(⁶) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1367.

(⁷) H. ter Meulen, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, 53, II, 1934, p. 119.

portant pendant 60 minutes. La durée de l'analyse est chronométrée et la valeur à blanc est défalquée en fin d'analyse.

La mesure précise du débit d'hydrogène et sa constance rigoureuse sont des conditions indispensables à réaliser (20^{cm^3} à la minute).

La moyenne de vingt résultats d'analyse dans l'acide succinique (dont les extrêmes sont 54,20 et 54,40 pour 100) nous a donné un pourcentage d'oxygène de 54,31, différant d'avec la théorie de +0,07 pour 100 (54,24 pour 100 théoriquement).

Le pipéronal a donné 31,81 et 31,99 pour 100 d'oxygène (théorie 31,99).

L'acide benzoïque a donné 26,19 et 26,22 pour 100 d'oxygène (théorie 26,21 pour 100).

La benzoïne a donné 15,09 et 15,15 pour 100 d'oxygène (théorie 15,11 pour 100).

Sous cette forme le dosage de l'oxygène a les caractères d'un véritable dosage microchimique, il a l'avantage d'être rapide (6 à 7 minutes par milligramme de substance), il n'implique qu'une seule pesée, celle de la substance; il permet de plus de faire un contrôle de l'analyse et de ne terminer celle-ci que lorsque tout l'oxygène a réellement été hydrogéné.

Nous poursuivons nos recherches en vue de l'application de la méthode à des substances contenant des éléments singuliers (N, S, halogènes).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition isotherme des peroxydes de nickel.* Note (1) de M. **Félix François** et Mlle **Marie-Louise Delwaulle**.

La plupart des auteurs s'accordent pour signaler l'instabilité des peroxydes de nickel.

Huttig et Peters (2), étudiant la décomposition isobare d'un sesquioxyde hydraté : $Ni^2O^3, 2H^2O$, n'observent cependant de perte d'oxygène qu'au-dessus de 138°. Cairns et Ott (3) maintenant au sein de l'eau vers 130° l'hydrate $Ni^2O^3, 2H^2O$ suivent sa décomposition par l'analyse chimique et l'examen aux rayons X : ils obtiennent $Ni(OH)^2$ sans intermédiaire. Howell (4) considère que l'oxydation de l'hydrate de nickel par un hypochlorite l'amène à des mélanges de NiO^2, de Ni^2O^3, et de $Ni(OH)^2$. L'étude, en fonction du temps, de leur décomposition à 100°, au sein de la liqueur où

(1) Séance du 19 juillet 1937.
(2) *Z. anorg. Chem.*, **189**, 1930, p. 189.
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, **57**, 1933, p. 527.
(4) *J. Chem. Soc. London*, 1933, p. 1772.

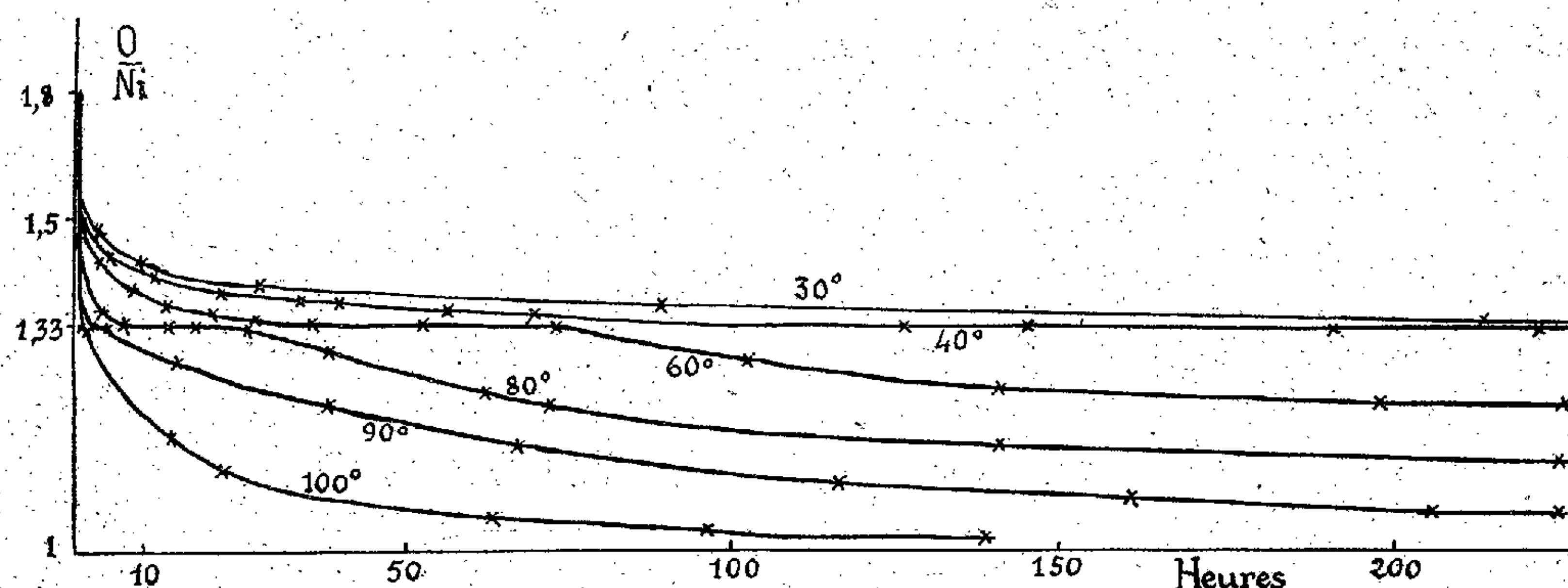
ils ont été formés, l'amène à conclure que NiO^2 et Ni^2O^3 donnent tous deux directement $Ni(OH)^2$, sans intermédiaire.

Nous avons récemment montré ([5]) qu'il était possible de préparer à volonté des mélanges de Ni^2O^3 et d'un composé plus oxygéné. Un lavage à fond à l'eau glacée peut être assez rapide pour n'affecter qu'à peine le rapport O/Ni de ces mélanges.

Nous avons étudié méthodiquement la décomposition en fonction du temps de différents mélanges ($O/Ni > 1,5$) maintenus au sein de l'eau à des températures inférieures ou égales à 100° et tracé, pour chaque température, la courbe traduisant la variation de O/Ni en fonction du temps.

Dans ces conditions, pour une température donnée, le phénomène de décomposition ne se traduit que par une seule courbe.

L'ensemble des courbes obtenues est consigné dans la figure ci-dessous.



L'examen de ces courbes impose les constatations suivantes :

1° Pendant les premiers instants du chauffage, une chute extrêmement brusque du rapport O/Ni.

2° Pendant un temps variable avec la température, le rapport O/Ni décroît plus lentement, mais régulièrement jusqu'à la valeur 1,33.

3° A 30 et 40°, le rapport ne s'abaisse pas au-dessous de 1,33.

Aux températures supérieures, les courbes présentent toutes un palier d'ordonnée 1,33 dont la longueur diminue quand la température s'élève; vers 100°, on ne le décèle plus que par un accident sur la courbe.

4° Après ce palier, le rapport O/Ni se remet à décroître, d'abord assez rapidement, puis avec une lenteur qui s'accuse avec le temps.

([5]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1042.

Les produits qui correspondent aux trois premières parties sont noirs et facilement solubles dans l'acide chlorhydrique qu'ils oxydent. Il apparaît ensuite des grains verts gélatineux, difficiles à dissoudre. Les produits obtenus le long du palier ou après celui-ci peuvent être séchés et conservés sans altération. L'examen aux rayons X donne dans la région des paliers des diagrammes identiques comportant quelques raies très floues : il ne semble pas qu'on ait alors affaire à un corps nettement cristallisé. Au début de la chute qui suit le palier, le diagramme présente les raies, très nettes, caractéristiques de $Ni(OH)^2$. Le diagramme s'efface ensuite en même temps que les produits deviennent gélatineux.

Nous pensons pouvoir interpréter ces courbes de la façon suivante : Le mélange initial comporte du Ni^2O^3 hydraté et des quantités variables d'un peroxyde plus oxygéné.

A. La chute brusque marque la destruction de l'un des peroxydes qui se décompose beaucoup plus vite que l'autre. Elle affecte évidemment le plus oxygéné (il fallait pour l'obtenir des conditions de concentration en persulfate et en hydrate alcalin qui n'étaient pas nécessaires pour la préparation de Ni^2O^3). C'est également l'opinion de Howell.

B. La décomposition de mélanges initiaux variables conduit, pour une même température, à une courbe unique. Ce fait ne peut s'expliquer que si le peroxyde le plus oxygéné passe d'abord par le stade Ni^2O^3, au lieu d'être ramené directement comme le pensait Howell (4) à l'état de $Ni(OH)^2$.

A l'appui de notre hypothèse, notons que la chute brusque s'arrête effectivement, pour des températures peu élevées, lorsque la composition du solide correspond sensiblement à Ni^2O^3. Pour les températures plus élevées la chute brusque dépasse ce stade, ce qui s'explique facilement en admettant que la vitesse de décomposition de Ni^2O^3 devient grande. Le passage par Ni^2O^3 devait passer inaperçu de Howell, qui opérait à 100°.

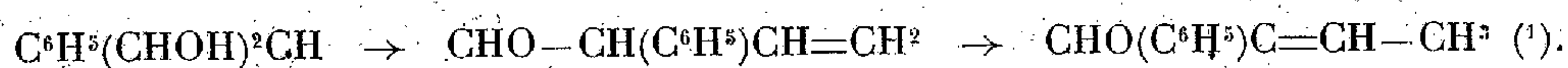
C. L'existence d'un palier (pour $O/Ni = 1,33$) à toute température inférieure à 100° conduit à admettre que la décomposition de Ni^2O^3 donne d'abord Ni^3O^4; celui-ci, stable jusqu'à 40°, se décompose à températures plus élevées en donnant $Ni(OH)^2$.

L'examen aux rayons X, qui ne nous permet pas d'attribuer un diagramme défini à Ni^3O^4, n'est pas en contradiction avec l'existence de ce composé, puisque le diagramme de $Ni(OH)^2$ n'apparaît que pour des mélanges obtenus après le palier ($O/Ni < 1,33$).

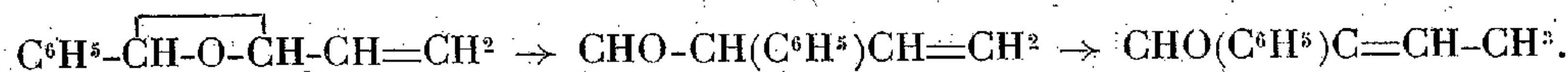
Signalons d'ailleurs que Cairns et Ott auraient obtenu Ni^3O^4 en préparant leur peroxyde par l'hypobromite, vers 100°; il est probable que la durée de l'opération pratiquée par eux amenait précisément la décomposition des peroxydes au stade convenable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fixation de l'acide hypochloreux sur le phénylbutadiène et isomérisation de l'époxyde correspondant en phénylcrotonaldéhyde.* Note de MM. **Dinah Abragam** et **Yves Deux**, présentée par M. Auguste Béhal.

On sait que la déshydratation sulfurique du phénylvinylglycol s'effectue avec transposition, comme celle de l'hydrobenzoïne, ce qui conduit à l'obtention d'α-phénylcrotonaldéhyde, avec formation intermédiaire probable de phénylvinylacétaldéhyde


$C^6H^5(CHOH)^2CH \rightarrow CHO-CH(C^6H^5)CH{=}CH^2 \rightarrow CHO(C^6H^5)C{=}CH-CH^3$ (1).

Nous nous sommes proposé d'isoler le premier stade de cette réaction, le phénylvinylacétaldéhyde, soit en isomérisant l'oxyde de phénylvinyléthylène par la chaleur seule et par conséquent sans faire intervenir SO^4H^2, soit en désaminant par l'acide nitreux l'aminoalcool correspondant. Nous nous sommes limité dans cette Note à l'étude de l'isomérisation de l'époxyde qui, par catalyse à 250°, nous a fourni le phénylcrotonaldéhyde

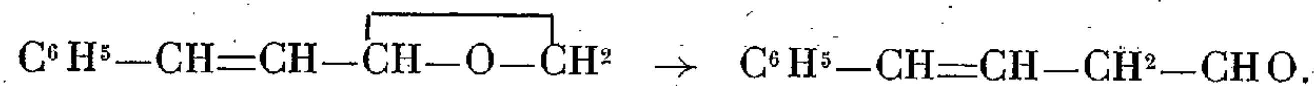

$C^6H^5\text{-}CH\text{-}O\text{-}CH\text{-}CH{=}CH^2 \rightarrow CHO\text{-}CH(C^6H^5)CH{=}CH^2 \rightarrow CHO(C^6H^5)C{=}CH\text{-}CH^3$.

Cette étude a été pour nous l'occasion de résoudre un intéressant problème théorique, celui du lieu de fixation de ClOH sur le phénylbutadiène. Muskat et Grimsley (2), qui ont étudié ce problème, ont conclu à la fixation sur la liaison éthylénique éloignée du phényle. Nous avons constaté au contraire qu'elle a lieu sur la liaison voisine du C^6H^5 avec formation d'une ou des deux chlorhydrines du phénylvinylglycol. En effet, l'époxyde qu'on obtient en faisant agir KOH sur celle-ci fournit, par réduction catalytique complète, le phényl-1-butanol-1 qu'on a identifié aussi bien par son paranitrobenzoate (F. 58°), que par son produit d'oxydation, la phényl-1 butanone-1.

D'autre part l'isomérisation de cet époxyde a fourni, comme on l'a dit plus haut, l'α-phénylcrotonaldéhyde $Eb_{16} = 115\text{-}118°$, alors que l'époxyde isomère n'aurait pu fournir d'autre aldéhyde que le phényl-1-butène-2-al

(1) Tiffeneau et Weill, *Comptes rendus*, 203, 1937, p. 590.
(2) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 1574.

($Eb_{14} = 130$-$132°$), récemment décrit par M. Meyer [3]



$$C^6H^5—CH=CH—\overline{CH—O—CH^2} \rightarrow C^6H^5—CH=CH—CH^2—CHO.$$

1° *Action de la chlorurée sur le phénylbutadiène.* — Le phénylbutadiène a été obtenu comme produit secondaire dans l'action, soit de $BrMgCH^3$ sur l'aldéhyde cinnamique, soit de C^6H^5MgBr sur l'aldéhyde crotonique; dans ce dernier cas, l'alcool formé fournit un dibromure cristallisé (F. 132°). On a agité ce carbure en léger excès avec une solution aqueuse froide de chlorurée à 8 pour 100 acidulée par l'acide acétique. Par épuisement à l'éther, on obtient une solution éthérée de la chlorhydrine du phénylvinylglycol que l'on a utilisée telle quelle.

2° *Action de la potasse sur la chlorhydrine du phénylvinylglycol et constitution de l'époxyde formé.* — La solution éthérée ci-dessus, séchée sur SO^4Na^2 sec, est agitée pendant 12 heures avec un excès de KOH en poudre. On décante et évapore. Le résidu distillé dans le vide constitue l'époxyde correspondant, $Eb_{16} = 99$-$101°$ [4], $n_D^{19°,5} = 1,544$. L'hydrogénation catalytique de cet époxyde sur Ni de Raney (platiné à 5 pour 100 d'après Delépine) fournit un alcool qu'on a identifié par son nitrobenzoate (F. 58°) avec le phényl-1 butanol-1 $C^6H^5—CHOH—CH^2—CH^2—CH^3$ provenant de l'action de $BrMgC^3H^7$ sur le benzaldéhyde. D'autre part, en déshydrogénant par catalyse à 280-300° sur Cu, l'alcool provenant de la réduction de l'époxyde, il se forme quantitativement une cétone qu'on a identifié par sa semicarbazone (F. 191°) avec la phényl-1 butanone-1 préparée synthétiquement.

3° *Isomérisation de l'oxyde de phénylbutadiène.* — On fait passer les vapeurs d'époxyde (sous 16^{mm} vers 250°), sur la terre d'infusoire. On obtient avec un rendement de 70 pour 100 un produit, Eb_{16} : 115-118°; $n_D^{19°5} = 1,558$, réduisant le nitrate d'argent ammoniacal et fournissant une semicarbazone (F. 212°) et un oxime (F. 112°) qu'on identifie avec la semicarbazone et l'oxime d'aldéhyde du phénylcrotonique décrits par Tiffeneau et Weill [1].

Conclusion. — La fixation de ClOH sur le phénylbutadiène, par action de la chlorurée, s'effectue sur la double liaison voisine du phényle avec formation d'une chlorhydrine du phénylvinylglycol. L'époxyde correspondant, obtenu par action de la potasse sur cette chlorhydrine, s'isomérise par migration du phényle (ou du vinyle) en phénylcrotonaldéhyde.

---

(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 508.

(4) Muskat et Grimsley (*loc. cit.*), qui ont préparé cet époxyde par KOH sur la chlorhydrine obtenue en faisant agir ClOH sur le phénylbutadiène, ont constaté le même point d'ébullition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de* $BrMgC^2H^5$ *et de* Br^2Mg *sur l'oxyde de diméthylstyrolène*. Note de M. **Miguel Poctivas** et Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Auguste Béhal.

On sait que dans l'action des organomagnésiens sur les époxydes, deux modes réactionnels peuvent se produire : l'un dans lequel l'addition du radical de l'organomagnésien s'effectue, dès l'ouverture de l'anneau époxydique, avec fixation sur le carbone privé d'électrons, c'est-à-dire sur le carbone dont la liaison avec l'oxygène est rompue; l'autre dans lequel cette addition est consécutive à l'isomérisation de l'époxyde en aldéhyde ou en cétone, et par conséquent avec fixation du radical sur le carbone porteur de l'oxygène cétonique ou aldéhydique. Toutefois on ne connaît jusqu'ici qu'un trop petit nombre de faits et il n'est pas possible de prévoir par avance le sens de la réaction. On sait seulement que le second mode réactionnel peut dépendre de la facilité d'isomérisation de l'époxyde (1) et aussi du rôle joué dans ces réactions par l'éthérate $MgX^2(C^2H^5)^2O$ qu'on admet toujours présent dans les organomagnésiens.

Nous avons entrepris l'étude de l'action de $BrMgC^2H^5$ sur l'époxyde dérivé du diméthylstyrolène $C^6H^5-CH=C(CH^3)^2$, époxyde dont on sait qu'il est susceptible, suivant les conditions opératoires, de s'isomériser soit en phényldiméthylacétaldéhyde (transposition semihydrobenzoïnique) (2), soit en phényl-2 butanone-3 (transposition semipinacolique) (3).

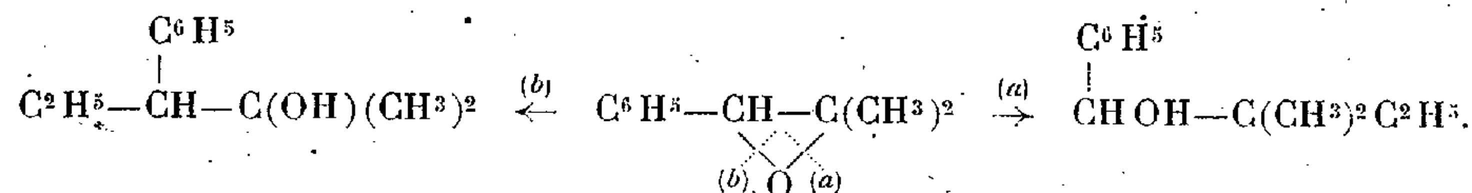
M. Tiffeneau et Mlle Lévy (4) ont déjà étudié le comportement de cet époxyde en présence de $BrMgC^6H^5$ et ces auteurs ont observé la formation de l'alcool tertiaire $(C^6H^5)^2CH-C(OH)(CH^3)^2$, ce qui montre que la réaction s'est effectuée d'après le premier mode exposé ci-dessus. Toutefois, dans nos recherches, nous avons tenu à examiner préalablement un point que ces auteurs avaient laissé de côté, à savoir l'action de l'éthérate de Br^2Mg sur cet époxyde. Nous avons constaté que, sous l'influence de ce réactif et en chassant le solvant éthéré pour terminer la réaction, c'est-à-dire sans dépasser 100°, l'oxyde de diméthylstyrolène est transformé, pour la plus grande part (90 pour 100), en phényldiméthylacétaldéhyde et, pour le reste, en

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 383.
(2) Tiffeneau et Orekhoff, *Bull. Soc. Chim.*, 29, 1921, p. 816.
(3) J. Levy et Tabart, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1784.
(4) Dans le cas de l'action du même réactif $BrMgC^2H^5$ sur l'oxyde de tétraméthyléthylène et $BrMgC^2H^5$ il y a (Norton et Hass, *Am. chem. Soc.*, 58, 1936, p. 2147) isomérisation préalable et formation de $(CH^3)^3C-C(OH)(CH^3)(C^2H^5)$.

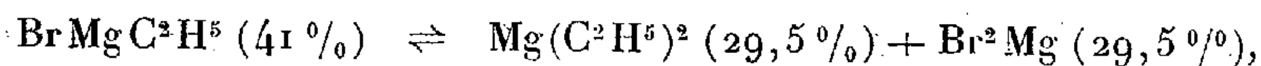
phényl-2 butanone-3, ce qui implique que lorsqu'on fait agir $BrMgC^2H^5$ sur le même oxyde, s'il y avait intervention préalable de l'éthérate avec isomérisation de l'époxyde, on devrait obtenir, comme produit principal, un alcool secondaire, le phényl-2 méthyl-2 pentanol-3 $C^6H^5(CH^3)^2C-CHOH-C^2H^5$ (I), et accessoirement l'alcool tertiaire $C^6H^5(CH^3)CH-C(OH)(CH^3)(C^2H^5)$ (II).

Or, dans l'action de $BrMgC^2H^5$ sur l'oxyde de diméthylstyrolène, nous avons obtenu en proportions sensiblement identiques deux alcools (5) qui sont différents de ceux formulés ci-dessus : l'un est secondaire, le phényl-1 diméthyl-2.2 butanol-1, $C^6H^5-CHOH-C(CH^3)^2-C^2H^5$ (III) et l'autre tertiaire, le phényl-3 méthyl-2 pentanol-2, $C^6H^5(C^2H^5)CH-C(OH)(CH^3)^2$ (IV). Ces alcools ($Eb_{15}=119-128°$) ont été caractérisés en oxydant leur mélange par l'acide chromique, ce qui fournit de l'aldéhyde et de l'acide benzoïque provenant du premier alcool et de la propiophénone provenant du second, alors que l'oxydation chromique des alcools isomères (I) et (II), que nous avons préparés par synthèse, ne nous a fourni exclusivement que de l'acétophénone, non constatée dans l'oxydation précédente.

Les alcools (III) et (IV) ne peuvent provenir que des deux réactions suivantes qui s'accomplissent l'une et l'autre suivant le premier mode réactionnel exposé ci-dessus (addition directe) et qui résultent de ce que la rupture de l'anneau époxydique s'est effectuée dans les deux sens, en partie du côté des deux méthyles (*a*) avec formation de l'alcool (III) et en partie du côté du phényle (*b*) avec formation de l'alcool (IV)



On peut donc conclure que, si l'organomagnésien $BrMgC^2H^5$ est constitué, comme l'admettent Jolibois ainsi que Schlenk et Bergmann, par un mélange en équilibre

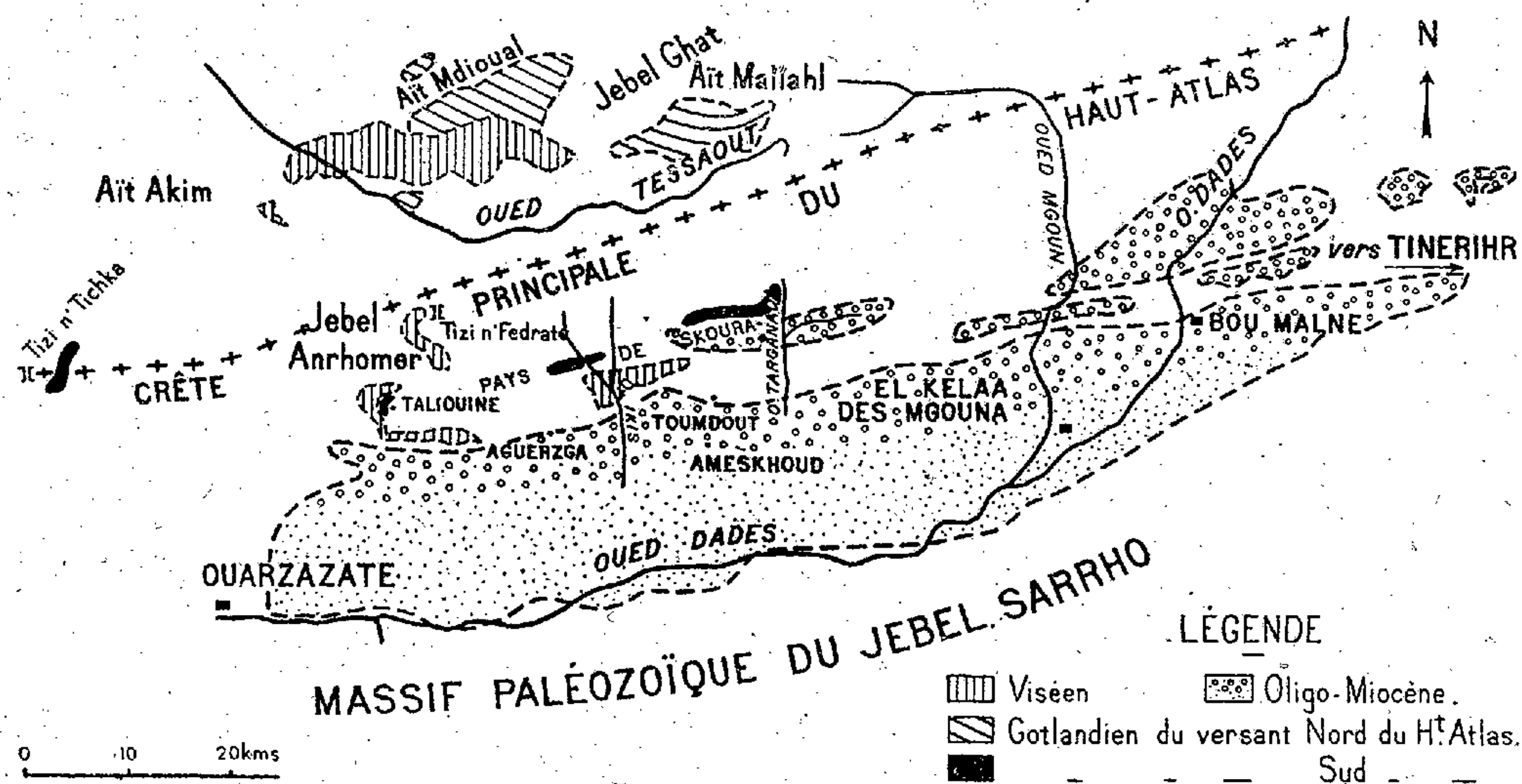


la vitesse de réaction de $BrMgC^2H^5$ ou de $Mg(C^2H^5)^2$ est plus grande que celle de Br^2Mg, puisque l'action de ce dernier aurait dû se traduire par une isomérisation de l'époxyde avec formation des alcools (I) et (II) dont nous n'avons pas pu caractériser la présence.

(5) Ce point acquis, il restera à étudier, comme nous l'avons entrepris récemment, comment se comporte la réaction si l'on fait agir $BrMgC^2H^5$ sur l'époxyde en présence d'un grand excès de Br^2Mg.

GÉOLOGIE. — *L'Oligo-Miocène du versant Sud du Haut-Atlas marocain.* Note (¹) de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Charles Jacob.

L'Oligo-Miocène, défini il y a 15 ans environ sur le versant nord de la chaîne (²), est représenté aussi sur le versant sud. J'en ai suivi les affleurements depuis la région de l'Ouarzazate jusqu'à celle de Tinerihr, soit sur plus de 120^{km} (voir la figure ci-dessous).



Je rappelle que, sous le nom d'Oligo-Miocène, on désigne une formation épaisse de 200^{m} au moins, détritique, gréseuse et conglomératique, aux éléments unis par un ciment rose; elle est d'origine continentale et provient du démantellement du Haut-Atlas en voie de surrection.

L'Oligo-Miocène du versant sud est nettement engagé dans les plis : j'ai reconnu trois groupes de synclinaux principaux, non compté l'immense affleurement qui s'étend jusqu'au Jebel Sarrho.

Voici les points sur lesquels je désire attirer l'attention :

1° *Discordance.* — Entre l'Oued Dadès et Tinerihr, on observe d'une

(¹) Séance du 12 juillet 1937.

(²) Voir les principales références bibliographiques *in* L. Moret et Ed. Roch, *A propos de la formation attribuée à l'Oligo-Miocène dans l'Atlas de Marrakech* (*C. R. S. Géol. Fr.*, fasc. **15**, 4 décembre 1933, p. 238).

façon particulièrement nette l'Oligo-Miocène reposant en couches presque horizontales sur la tranche des assises jurassiques, crétacées et éocènes. On voit aussi la même discordance très franche au pied des montagnes de Skoura, dans la vallée de l'Oued Targanada par exemple.

2° *Variations de faciès.* — Lorsque, près d'Aguerzga, on suit vers le Sud les couches conglomératiques, relevées à la verticale contre la montagne, on constate qu'elles passent latéralement à des grès de plus en plus fins, puis à des marnes rouges dont le faciès est voisin de celles du Crétacé. Cette observation m'autorise à rapporter au moins provisoirement à l'Oligo-Miocène toutes les couches rutilantes de la grande plaine du Dadès.

Age de la formation. — Il n'est pas encore possible de le préciser. J'ai bien découvert au sein des grès, près de Toumdout, des argiles vertes et rouges à gypse, associées à des calcaires lacustres, crayeux, blancs, à Planorbes, Limnées et *Helix;* les coquilles sont malheureusement écrasées au point d'empêcher toute détermination spécifique. D'autre part, M. Staquet m'a rapporté d'Aguerzga, des empreintes végétales.

On sait, par les travaux de MM. C. Arambourg et L. Moret (³) que la série phosphatée marine monte jusque dans le Bartonien inférieur. Or, au-dessus de la table calcaire qu'il constitue, j'ai observé des marnes et des grès rouges, des conglomérats à ciment violacé renfermant aussi bien des éléments de Paléozoïque que des calcaires secondaires. Dans la région comprise entre le Dadès et Tinerihr, ils sont épais de 60ᵐ environ. Ils représentent sans doute une partie de l'Éocène supérieur. C'est au-dessus, et séparé d'eux par une discordance, que commence l'Oligo-Miocène.

Origine des cailloutis. — Le Haut-Atlas n'a pas seul été à l'origine des graviers de *piedmont.* Au Sud de Timatraouine, dans la région de Bou Malne, des poudingues à éléments dominants de roches éruptives n'ont été formés certainement qu'aux dépens du Jebel Sarrho, puisque ici le Haut-Atlas est entièrement constitué par les calcaires du Lias.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Pliocène à l'île Malekula* (*Nouvelles-Hébrides*). Note de MM. **René Abrar** et **Edgar Aubert de la Rüe**.

A peu près au centre de la partie la plus étroite de l'île Malekula, sur la rive gauche de la rivière Nua qui aboutit à la baie de Norsup, à 8ᵏᵐ environ

(³) C. Azambourg, *Nouvelles observations sur la série phosphatée* (*C. R. S. Géol. Fr.*, fasc. 12, 21 juin 1937, p. 183).

à l'ouest de cette baie, l'un de nous (1) a reconnu en 1934 la présence d'une falaise de 15 à 20m de hauteur constituée par des dépôts argilo-sableux gris contenant quelques galets volcaniques. Une photographie de ce point fait ressortir assez nettement une certaine stratification et un pendage d'environ 20° sensiblement Est.

A la cote +35, à la base des dépôts argilo-sableux, au niveau de la rivière existe un riche niveau fossilifère caractérisé par *Marginopora vertebralis* Q. et G., Foraminifère vivant actuellement dans la région. La faune de Mollusques comprend de nombreuses espèces actuelles :

Circe scripta L., *Meretrix picta* Lmk., *M. philippinarum* Hanl., *Solecurtus albus* Q. *et* G., *Martesia striata* L., *Strombus terebellatus* Sow., *S. variabilis* Sow., *S. minimus* L., *S. floridus* Lmk., *S. canarium* L., *Cypræa gangrenosa* Sol., *Mitra exasperata* Gmelin, *Triton chlorostomus* Lmk., *Nassa horrida* Dhr., *Peristernia ustulata* Reeve, *Drillia unizonalis* Lmk., *D. brevicaudata* Reeve.

D'autres espèces sont très voisines des formes actuelles, mais ne paraissent pas absolument identiques :

Leda aff. *crispa* Hds., *Cardium* aff. *fornicatum* Sow., *C.* aff. *australe* Sow., *Tellina* aff. *striatula* Lmk., *Natica* aff. *asellus* Reeve, *Bittium* aff. *granarium* Knr., *Strombus* aff. *gibberulus* Lmk., *S.* aff. *hæmatostoma* Reeve, *Mitra* aff. *variegata* Reeve, *Conus* aff. *achatinus* Chemn., *C.* aff. *sugillatus* Reeve, *Drillia* aff. *brevicaudata* Reeve, *Bulla* cf. *australis* Q. *et* G., *Atys* aff. *elongata* A. Ad.

On rencontre également des formes du Pliocène de Java :

Strombus gendiganensis Martin, *Nassa Verbeeki* Martin, *Conus odengensis* Martin.

Nassa Verbeeki est très commune et représentée par des formes peu ornées, souvent presque lisses.

Enfin trois espèces paraissent nouvelles et assez éloignées des formes connues : *Cerithium* sp., *Bittium* sp., *Strombus* sp. du groupe de *columba* Lmk.

La présence de nombreuses espèces actuelles, et de formes affines à des espèces actuelles, mais non identiques, associées à des espèces du Pliocène de Java permet d'attribuer sans trop d'incertitude, le gisement de la rivière Nua au Pliocène. Plus en amont du gisement, ces mêmes dépôts peuvent être suivis pendant quelques centaines de mètres sur les deux rives

(1) E. Aubert de la Rüe.

de la rivière, mais ils sont moins fossilifères. Au delà, vers l'amont apparaissent les roches éruptives, gabbros et andésites, formant le substratum.

En aval du gisement, la vallée est ouverte dans des calcaires coralliens soulevés.

Les dépôts pliocènes étudiés dans la présente Note sont essentiellement différents, tant au point de vue de la forme qu'aux points de vue lithologique et mode de gisement, des couches probablement miocènes antérieurement signalées aux îles Epi et Malakula ([2]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Pulsations complexes du courant d'action provoquées chez* Nitella (*Characées*) *par l'action de certaines substances-tampons.* Note de M. **Daniel Auger**, présentée par M. Marin Molliard.

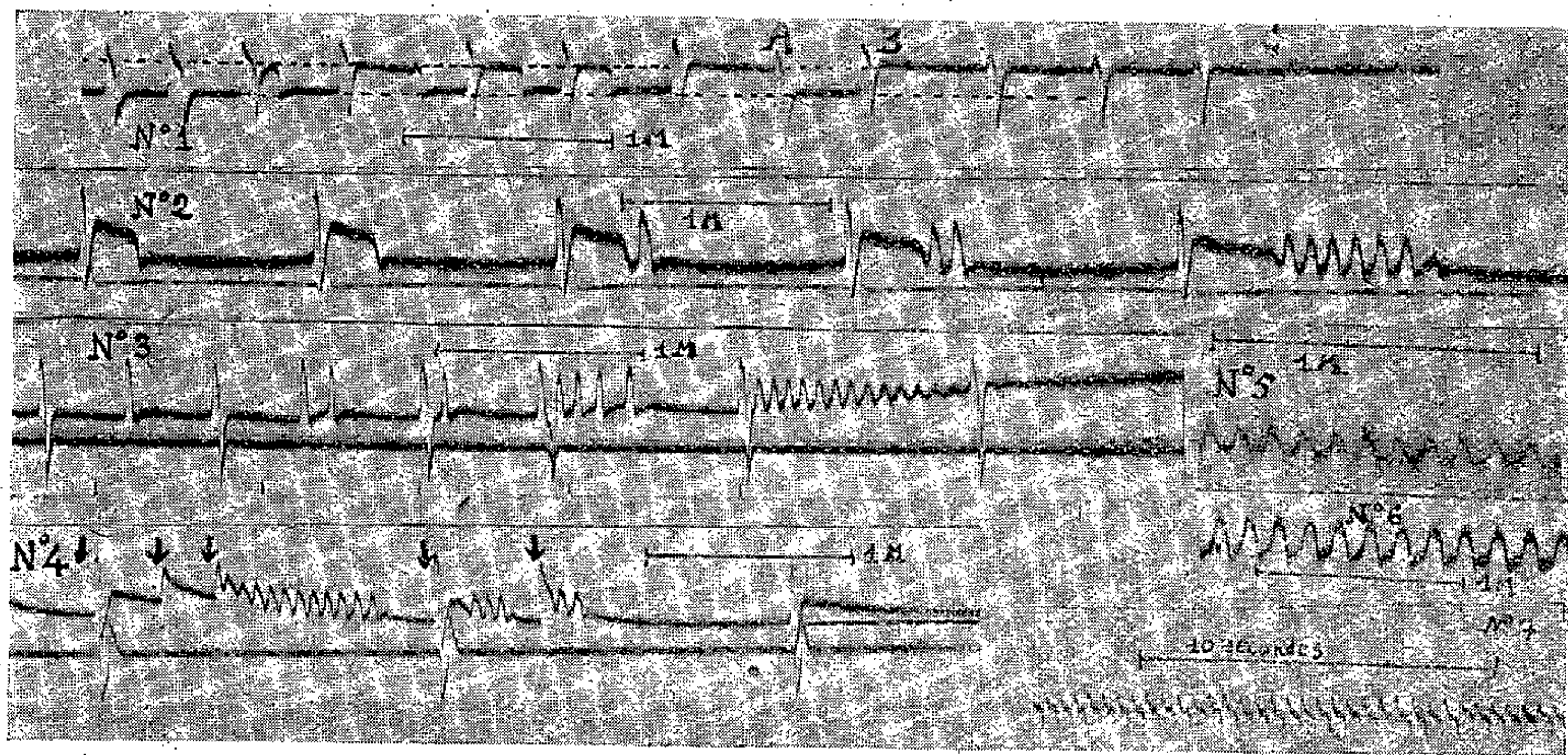
Nous avons signalé ([1]) la profonde analogie existant entre le phénomène rythmique décrit par W. J. Osterhout et S. E. Hill ([2]) sur *Nitella mucronata* et celui que nous avons trouvé sur les Characées soumises à un courant constant intense. Nous avons montré que la phase transitoire de la variation rythmique de potentiel engendrée localement sous la cathode, correspondait, non pas à une dépolarisation, mais, au contraire, à une repolarisation brusque et peu durable. Dernièrement nous avons retrouvé ce phénomène des pulsations complexes et rapides des auteurs américains, mais avec une technique simplifiée qui nous permet d'apporter un complément d'information ; il suffit de placer sur l'entre-nœud de *Nitella translucens* une goutte d'eau contenant une certaine quantité de citrate, de tartrate, d'oxalate ou de bicarbonate de sodium, pour observer la naissance en ce point d'une série de variations négatives. Voici comment le phénomène se déroule : 1° le potentiel de l'électrode au point citraté a une légère tendance à devenir positif, par rapport aux autres points de l'entre-nœud ; puis il devient graduellement légèrement négatif ; 2° une série banale de courants d'action apparaît comme dans le cas d'une excitation chimique quelconque, ces courants d'action se propageant tout le long de la cellule, à une cadence de deux ou trois par minute. Nous avons eu la précaution de

([2]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1951-1953.

([1]) D. Auger et P. Auger, *C. R. Soc. Biol.*, **123**, xxxiii, 1936, p. 892.

([2]) W. J. V. Osterhout et S. E. Hill, *Journal of General Physiology*, **18**, iv, 1935, p. 499.

placer au voisinage un deuxième circuit de mesure qui nous permet de constater si les variations électriques observées sont locales, ou si elles se transmettent à distance. Si la dose de citrate est faible, le phénomène ne se développe pas plus avant, mais si la dose est suffisante, nous voyons apparaître après le courant d'action normal un potentiel retardé d'une allure toute particulière : le potentiel reste négatif pendant plusieurs dizaines de secondes, puis revient brusquement au zéro, avec même un léger crochet positif (*fig.*, n° 1). Le phénomène peut évoluer de plusieurs



Nos 1, 2 et 3, évolutions des pulsations complexes provoquées par le citrate chez *Nitella translucens*. N° 4, les flèches indiquent le moment où l'on a porté l'excitation électrique brève. N° 5, pulsations produites par le courant constant. N° 6, pulsations régulières provoquées par le citrate. N° 7, pulsations rapides provoquées par le courant chez *Nitella stelligera*. Les traits noirs qui sont placés sur les figures représentent une minute.

façons : 1° Le temps pendant lequel le potentiel reste négatif s'accroît de plus en plus; ce dernier peut même rester négatif jusqu'à la pulsation suivante dont la phase ascendante est alors fort réduite, comme on peut le voir en A (*fig.*, n° 1). Le potentiel se fixe enfin au niveau négatif, comme on peut le voir en B (*fig.*, n° 1). 2° Le plus souvent, le retour vers le zéro du potentiel retardé est marqué par une série d'oscillations négatives locales en nombre croissant (*fig.*, n° 2). Le phénomène se termine lorsque le potentiel est devenu tout à fait négatif après une série d'ondes de plus en plus amorties (*fig.*, n° 3). Comme on le voit, il y a deux états stables du potentiel : l'un au même niveau de polarisation que les autres parties de l'entre-nœud, l'autre aux deux tiers (en moyenne) de la dépolarisation

totale; entre ces deux états stables, le potentiel peut osciller régulièrement. Si la dose de citrate est très forte, c'est d'emblée que le premier courant d'action provoque la dépolarisation totale. L'état instable du protoplasme est lié à un potentiel négatif plus ou moins important et caractérisé par une grande sensibilité au courant électrique : une excitation d'un centième de volt est suffisante pour provoquer une série d'ondes locales plus ou moins durables; généralement, ce n'est qu'un certain temps après le courant d'action qu'on observe cette hypersensibilité. L'examen de la figure, n° 4, montre que : la deuxième excitation après le déclenchement du courant d'action n'a pas provoqué une série d'ondes, mais que la troisième a produit quinze ondes locales; la quatrième excitation a produit un courant d'action suivi de trois ondes locales; la cinquième, trois ondes locales sans courant d'action et l'on peut voir que la dernière onde négative provenant de la seule action du citrate a fourni un potentiel retardé, qui n'est suivi d'aucune oscillation; il a manqué au phénomène, pour être semblable au précédent, le léger coup de pouce de l'excitation électrique. Si nous comparons les pulsations rapides provoquées par le citrate à celles que provoque le courant constant, nous voyons que le citrate donne des ondes qui présentent un angle vif à leur base, tandis que celles que provoque le courant constant ont l'angle vif à leur sommet (*fig.*, n°s 5 et 6). De même, le potentiel final est toujours négatif pour le citrate et positif pour le courant constant, ce qui correspond, dans les deux cas, à un état perméable du protoplasme.

Chez *Nitella stelligera*, l'oscillation se fait à un rythme extrêmement rapide (*fig.*, n° 7) jusqu'à 138 par minute. Le phénomène ne dure alors que quelques minutes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Uréides et urée libre, dégradation des purines chez le* Soja hispida *Mnch.* Note de MM. **Robert Échevin** et **Arthur Brunel**, présentée par M. Richard Fosse.

L'isolement de l'urée à partir des végétaux supérieurs, réalisé par R. Fosse en 1916, a donné lieu à un certain nombre de recherches sur la répartition de cette amide dans les organes et sur son évolution au cours de la végétation. En 1930, G. Klein et K. Tauböck, se basant sur de nombreux essais qualitatifs, établissent la large répartition de l'urée libre chez les Gymnospermes, les Monocotylédones et les Dicotylédones. En 1931, ces deux auteurs reviennent sur leurs premiers résultats et sont amenés à

penser qu'à côté de l'urée libre les végétaux renfermeraient le plus souvent de l'urée dissimulée sous forme d'uréides.

Dans deux Notes antérieures nous avons montré que l'urée libre n'existe ni chez le Lupin, ni chez la Nielle, mais que, par contre, on y rencontre les deux uréides glyoxyliques, l'allantoïne et son dérivé l'acide allantoïque, découvert en 1926 par R. Fosse dans les feuilles d'*Acer pseudoplatanus*.

L'extrême facilité avec laquelle l'acide allantoïque se scinde en urée suffit à expliquer que Klein et Tauböck aient rencontré cette amide chez le *Soja*; nous allons voir en effet que cette espèce ne renferme pas d'urée libre, mais d'importantes quantités d'acide allantoïque.

Dans les deux tableaux ci-joints figurent les teneurs en azote et les activités enzymatiques de différentes récoltes fournies par deux séries de cultures pures de *Soja*, sur eau distillée; les déterminations ont été faites soit sur la plante entière, soit sur les cotylédons (C), soit sur la plantule privée des cotylédons (R).

		100 germinations de 16 jours.					
		A l'obscurité.			A la lumière.		
	100 graines.	C.	R.	Plante entière.	C.	R.	Plante entière.
Substance sèche (en g.).	21	12,080	5,8	17,880	11,175	6,875	18,050
N total (en mg.)......	1553,3	985,5	464,5	1450	983	516,6	1499,6
N de l'ammoniac........	4,9	6,7	10	16,7	3,3	4,6	7,9
N des amides...........	14,7	89,5	138,8	228,3	93,2	131,8	225
N purique.............	0	12,3	4,9	17,2	2,3	5,4	7,7
N de l'allantoïne.......	0,3	14,8	18,6	33,4	11,4	21,2	32,6
N de l'acide allantoïque..	0,7	18,1	43,1	61,2	15,1	34,2	49,3
N de l'urée............	0	0	0	0	0	0	0
			Activité enzymatique.				
Uricase................	31,5	15,8	7,7	23,5	7,5	7,1	14,6
Allantoïnase...........	809	689	301	990	623	282	905
Allantoïcase...........	0	positive	positive	positive	positive	positive	positive
Uréase................	14700	9479	3389	12868	9128	3732	12860

L'urée n'existe ni dans la graine ni dans les germinations. L'azote des deux uréides glyoxyliques représente environ 6 pour 100 de l'azote total; il s'accumule, ainsi que l'azote purique, surtout dans les germinations à l'obscurité.

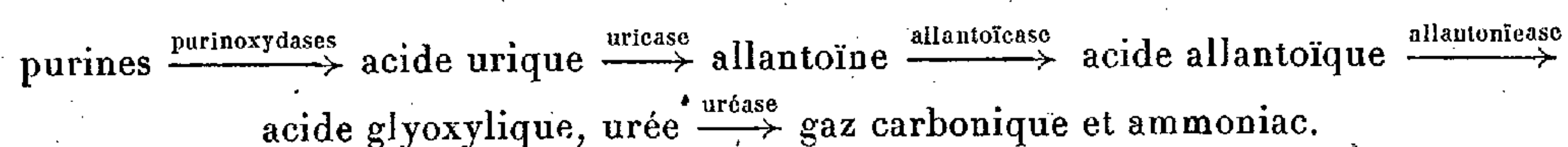
La dégradation enzymatique de l'azote purique n'était connue jusqu'ici

chez les végétaux supérieurs, que jusqu'au stade acide allantoïque. L'étude des propriétés enzymatiques des germinations montre que cette dégradation peut aller jusqu'à l'ammoniac. En effet, alors que la graine de *Soja* ne possède aucune action sur l'acide allantoïque, nous avons constaté que les germinations renferment l'*allantoïcase*, hydrolase qui dégrade l'acide allantoïque en urée et acide glyoxylique, l'urée étant ensuite transformée en ammoniac par l'uréase.

	100 germinations de					
	24 heures.	48 heures.	72 heures.	96 heures.		
				C.	R.	Plante entière.
Substance sèche (g.)	19,8	19,3	19,35	18	1,333	19,333
N total (mg.)	1330,5	1322,2	1361,7	1290,4	106,9	1397,3
N de l'ammoniac	4,2	5,4	5,6	3,4	1,2	4,6
N des amides	5,6	6,6	42,5	23,5	15,5	39
N purique	7,8	7,6	15,8	7,1	0,3	7,4
N de l'allantoïne	0,5	1	1,9	2,5	0,9	3,4
N de l'acide allantoïque	1,5	1,9	5,3	5,9	3,7	9,6
N de l'urée	0	0	0	0	0	0
	Activité enzymatique.					
Uricase	60	77	97	65	1,5	66,5
Allantoïnase	818,5	971	980	912	90,5	992,5
Allantoïcase	positive	357	298	203	–	203
Uréase	15342	15082	15083	13973	1191	15164

Les résultats fournis par la seconde série de cultures conduisent aux mêmes conclusions; ici encore on constate l'absence d'urée; l'allantoïne et l'acide allantoïque augmentent d'une manière continue du premier au quatrième jour de la culture et l'activité de l'allantoïcase est beaucoup plus grande que dans les germinations de 16 jours.

En résumé, chez le *Soja*, la dégradation de l'azote purique s'effectue par voie enzymatique d'après le schéma suivant :



La présence de l'*allantoïcase*, nouvel enzyme des végétaux supérieurs, montre que l'urée peut se former aux dépens de l'acide allantoïque; la transformation rapide de l'urée en ammoniac, par l'uréase, explique qu'on ne rencontre pas la carbamide à l'état libre dans les germinations de *Soja*.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le papillotement en vision latérale*. Note de MM. **Yves Le Grand** et **Eugène Geblewicz**, transmise par M. Charles Fabry.

L'un de nous [1] avait signalé certains phénomènes accompagnant la vision latérale de sources périodiques lorsque la fréquence reste en dessous de la valeur critique de fusion. Nous avons entrepris une étude expérimentale de ces effets; ils semblent se présenter avec le plus de netteté quand la source possède un grand diamètre apparent (8° dans nos expériences) et quand le centre de son image rétinienne tombe à 15° environ du point de fixation à l'opposé de la tache aveugle; nous opérons en vision monoculaire et sans pupille artificielle. Le papillotement est obtenu par rotation d'un disque à secteurs dans le plan duquel se forme l'image d'un filament rectiligne alimenté par du courant continu. Pendant une demi-période la brillance reste nulle, et elle possède la valeur B pendant la demi-période suivante; la brillance moyenne est donc B/2.

1° *Disparition du papillotement*. — Le papillotement semble cesser au bout d'un temps t fonction de la brillance B et de la fréquence N (nombre d'interruptions par seconde). Dans le tableau ci-dessous, les valeurs de t sont données en secondes pour deux niveaux de lumière blanche : 620 et 3,2 bougies par mètre carré. Ces résultats concernent un seul sujet, et chaque nombre est la moyenne de 5 mesures. Pour l'autre sujet, les résultats sont analogues, mais moins cohérents. Les mesures relatives aux faibles fréquences en grande brillance sont incertaines; il est en effet difficile d'assurer l'immobilité de l'œil pendant une demi-minute, et en outre on est gêné par la lumière diffusée sur la fovéa et ses alentours, lumière dont le papillotement persiste après stabilisation du champ latéral.

N...........		8	10	12	14	16,7	20,8	24,8	29,2	33,3	41,7	50	58,3
B = 620	t...	33	31	28	23	20	15	12,8	11,8	10	8,2	5,4	4,2
	Nt.	264	310	336	322	334	312	320	344	333	342	270	245
B = 3,2	t...	18	16	14	11	9,8	5,6	3,6					
	Nt.	144	160	168	154	163	117	90					

On remarquera que le produit Nt reste à peu près constant, sauf si la fréquence est trop basse ou si au contraire elle approche de la valeur cri-

(1) Y. Le Grand, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1590.

tique; cela signifie que le papillotement cesse au bout d'un certain nombre *total* d'interruptions, nombre indépendant de la fréquence mais fonction de la brillance : 330 et 160 environ pour le sujet et les niveaux considérés.

2° *Disparition de la couleur.* — Si la source papillotante est colorée, la saturation semble en décroître très vite; ainsi le rouge vif fourni par le filtre Wratten 25 paraît orangé, puis jaunâtre. Au bout de quelques secondes la perte de saturation peut même être *totale* si les conditions sont convenables : brillance B de l'ordre de 300 bougies par mètre carré, adaptation diurne, fréquence comprise entre 40 et 50 par seconde. La source paraît alors blanche, ou plutôt revêt un aspect gris et brillant assez spécial. Seule la lumière diffusée qui entoure l'image de la source conserve sa couleur.

L'étude de ces phénomènes est facilitée par le dispositif suivant : le champ expérimental reçoit tour à tour la lumière papillotante P et une lumière stable S de même composition spectrale; un champ témoin T placé juste au-dessus du champ expérimental reçoit un éclairage permanent. En faisant alterner P et S, on constate que P semble blanc et S d'un rouge plus saturé que T : pendant le régime P, il y a donc eu inhibition temporaire et *repos* du système chromatique. On peut remarquer aussi que les phénomènes de disparition du papillotement et de la couleur ne sont pas liés l'un à l'autre : le papillotement réapparaît chaque fois que P vient remplacer S, tandis que la perte de couleur reste acquise ou même s'accroît.

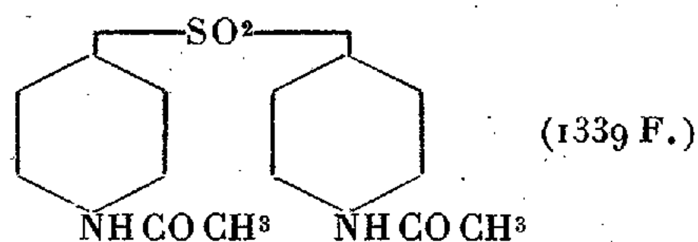
Nous avons essayé d'éclairer le champ témoin T avec une lumière blanche telle que T et P semblent de même aspect; il faut pour cela placer devant la lampe de T un filtre bleu tel que la température de couleur de la lumière transmise soit voisine de 5300° absolus. Il est remarquable que le *blanc physiologique* ainsi défini soit le même quelle que soit la composition spectrale de la lumière papillotante; on arrive au même aspect final en partant de lumières rouge, verte, jaune, etc., ou simplement de la lumière des lampes à incandescence, qui paraît jaune en régime stable à côté du blanc obtenu par papillotement.

Le papillotement en vision latérale réalise donc aux brillances élevées et d'une façon complète ce que l'adaptation produit partiellement aux brillances faibles : la disparition de la couleur. Dans ce dernier cas on invoque le fonctionnement des bâtonnets. On pourrait de même supposer que notre phénomène est dû à une inhibition des cônes et à la vision pure des bâtonnets, mais il semble prématuré de tenter une explication cohérente.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Chimiothérapie de l'infection pneumococcique par la di-(p-acétylaminophényl)-sulfone* (1399 F.). Note de M. **Ernest Fourneau**, M. et Mme **Jacques Tréfouël**, MM. **Federico Nitti** et **Daniel Bovet**, présentée par M. Louis Martin.

En poursuivant nos essais sur l'action protectrice des dérivés sulfurés et sulfonés organiques dans divers types de septicémies expérimentales, nous avons observé les effets particulièrement brillants de la di-(*p*-acétylaminophényl)-sulfone (1399 F.) dans l'infection pneumococcique de la souris; ce sont ces résultats que nous nous proposons de rapporter brièvement ici.

Le dérivé étudié se rattache à la série des diphénylsulfones dont l'activité antistreptoccique et antipneumococcique a été récemment décrite à la fois par nous-mêmes (1) et par G. A. Buttle (2). La synthèse de la di-(*p*-acétylminophényl)-sulfone a été réalisée, en premier lieu par Fromm et Wittmann (3) en 1908. Ce produit se présente sous la forme d'une poudre cristalline fondant à 282°, sa formule développée correspondant à



La toxicité du 1399 F. est très faible : 200mg pour 20g sont encore, par voie buccale, parfaitement tolérés et ne provoquent aucun symptôme d'intoxication chez la souris. L'acétylation se trouve ainsi avoir fortement diminué la toxicité de la di-(*p*-aminophényl)-sulfone (1358 F.), ce dernier produit provoquant déjà des symptômes d'intoxication à la dose de 5mg pour 20g, chez la souris. Le 1399 F. est encore mieux supporté par la souris que le *p*-aminophénylsulfamide (1162 F.) dont la dose maxima tolérée est située aux environs de 50mg.

De même que plusieurs des dérivés sulfamidés, sulfurés et sulfonés organiques dont les actions thérapeutiques ont été décrites depuis quelques années, le 1399 F. possède une action très intense sur l'infection streptococcique. En valeur absolue les doses actives sont environ dix fois plus faibles pour le 1399 F. que pour le *p*-aminophénylsulfamide. 0mg,2 par 20g

(1) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1763.

(2) G. A. Buttle, D. Stephenson, S. Smith, T. Dewing, G. E. Foster, *Lancet*, **232**, 1937, p. 1331.

(3) *Ber. d. deutschen chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 2264.

de 1399 F. ont protégé les souris dans plusieurs de nos expériences aussi bien que 2^{mg} de 1162 F. pour une souris de 20^{g}. Le 1399 F. manifeste ainsi une activité égale à celle de la di-(*p*-nitrophényl)-sulfone (1357 F.), et notablement plus faible que celle de la di-(*p*-aminophényl)-sulfone (1358 F.).

Toutefois, ce n'est pas principalement l'activité antistreptococcique du 1399 F. qui a retenu notre attention, mais les résultats que nous avons pu enregistrer en l'expérimentant dans les septicémies à pneumocoques de la souris.

On sait que le *p*-aminophénylsulfamide exerce déjà, soit *in vitro* (4), soit *in vivo* (5), une certaine action protectrice vis-à-vis de l'infection pneumococcique. Cette action toutefois est limitée, n'étant vraiment nette que vis-à-vis de doses faibles de pneumocoques et n'apparaissant d'autre part qu'avec de fortes doses de médicament.

1^{mg} de 1399 F. pour une souris de 20^{g} exerce déjà le même pouvoir protecteur que 10^{mg} de 1162 F., l'efficacité thérapeutique du produit se manifestant ainsi à des doses qui sont au moins 200 fois inférieures à la dose maxima tolérée. En augmentant la dose on constate un accroissement considérable de l'effet thérapeutique qui devient, non seulement plus constant dans une même expérience (jusqu'à 100 pour 100 de survie dans certains essais alors que tous les témoins meurent dans les 36 heures), mais aussi plus régulier en ce sens que différentes souches de pneumocoques appartenant à divers groupes y sont également sensibles. Dans l'ensemble les résultats sont très supérieurs par leur régularité et par l'étendue du coefficient thérapeutique, à ceux que l'optoquine et les sels d'or, que nous avons parallèlement étudiés, permettent d'obtenir.

L'activité antipneumococcique de la (di-*p*-acétylaminophényl) sulfone (1399 F.) réalise contre cette infection une protection aussi efficace que celle que les dérivés sulfamidés ont permis d'obtenir au cours des infections streptococciques; les indications que nous avons recueillies nous paraissent pleines de promesses parce que, pour la première fois, il nous est apparu possible d'obtenir, à coup sûr, une protection au cours des infections pneumococciques expérimentales.

La séance est levée à $15^{h}10^{m}$.

E. P.

---

(4) F. Nitti, D. Bovet et F. Depierre, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 16.
(5) S. M. Rosenthal, *Publ. Health Reports*, 52, 1937, p. 48.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 AOUT 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **N. R. DHAR**, professeur de l'Université d'Allahabad, qui assiste à la séance.

VOLCANOLOGIE. — *Sur la réalité d'une éruption de la Soufrière de Saint-Vincent en* 1718, *d'après une observation faite à la Guadeloupe.* Note de M. **A. LACROIX**.

Au cours de recherches effectuées dans le registre des procès-verbaux de l'Académie royale des Sciences, pour 1718, a été trouvé accidentellement un document inédit apportant quelque clarté sur une question de volcanologie dans les Antilles, qui a fait l'objet de controverses.

Dans leur Rapport sur l'éruption de la Soufrière de Saint-Vincent qui eut lieu en 1902, la veille du cataclysme de la Montagne Pelée, MM. Tempest-Anderson et John S. Flett ont fait l'historique de ce volcan (1) et ont signalé, en plus du paroxysme de 1812 bien précisé, une éruption qui aurait eu lieu le 27 mars 1718.

Le seul renseignement contemporain sur lequel est basée cette dernière indication consiste en un récit dramatique, mais certainement très romancé, paru le 7 juillet 1718 dans le *Weekly Journal;* il semble bien être dû au rédacteur de cette feuille, rédacteur qui n'était autre que Daniel Defoe, l'auteur célèbre de *Robinson Crusoé*. On y voit signalées des détonations extrêmement violentes, accompagnées de formidables projections de

---

(1) *Philosoph. Transact. Roy. Soc. London*, Series A, 200, 1903, p. 456-461.

cendres, transportées au loin et dont les dépôts auraient atteint une épaisseur considérable à Barbade, de 1 à 9 pouces à la Martinique, de plus de 4 à Saint-Christophe, alors que le même phénomène aurait été observé de l'embouchure de l'Orénoque à l'île Hispaniola, c'est-à-dire Haïti. Enfin lorsqu'au bout de plusieurs jours la lumière revint, on aurait constaté que l'île de Saint-Vincent avait disparu, engloutie par les flots d'une mer devenue plus profonde !

Il est vrai que, le 2 août 1718, le même journal publiait un entrefilet conçu à peu près en ces termes : « On prétend nous raconter une étrange histoire, à savoir que l'île de Saint-Vincent a été retrouvée, qu'elle s'est transformée en un volcan, c'est-à-dire en une montagne brûlante, mais nous devons déclarer que nous ne croyons pas un mot de cela ».

C'est sur cette base fragile que depuis lors plusieurs auteurs ont discuté, et en particulier Humboldt qui croyait, sinon à l'intégrité du récit, du moins à la réalité d'une éruption.

MM. Anderson et Flett ont déclaré qu'ils étaient tout au moins sceptiques au sujet de l'étendue et de l'intensité de la chute des cendres dans les îles voisines ou éloignées.

Le document faisant l'objet de cette Note se trouve dans le procès-verbal manuscrit de la séance du samedi 18 juin 1718 :

« M. de Ressons a lu l'observation suivante, tirée d'une lettre qu'il a reçue de M. Lignon le jeune de la Guadeloupe du 27 avril 1718. »

J.-B. Deschiens de Ressons était un lieutenant-général d'artillerie qui venait d'être nommé associé libre de l'Académie. Quant à du Lignon-le-jeune (Jean-Baptiste), il avait été nommé correspondant de Tournefort, le 4 mars 1699, lors de la première journée de correspondants. C'était un naturaliste très estimé.

« Mardi dernier 5e de ce mois sur les 7 heures du matin nous entendimes un bruit effroyable comme des canons, qui dura jusqu'au lendemain après Midy; nous crûmes que c'étoit *La Valeur*, Vaisseau de Roy qui se batoit contre des forbans de pareille force, qui rodent nos Isles, de tems en tems. Toute la Guadeloupe trembloit, et je ne pus dormir pendant la nuit tant le bruit étoit fort. Le dimanche après nous apprimes par une Barque Angloise que c'étoit l'Isle de Saint-Vincent, habitée par des Sauvages [2] qui étoit en partie abîmée par une Souffrière qui a fait sauter de grosses

[2] En 1718, Saint-Vincent n'était guère habité que par des Caraïbes. Ce fut l'année suivante seulement que s'y installèrent quelques colons martiniquais.

Montagnes en l'air. Mais ce qui me paroit de plus surprenant, c'est que notre Isle de la Guadeloupe a tremblée pendant plus de 30 heures, mais très fortement quoy qu'il y aye plus de 50 Lieues de distance. »

De ce document il faut conclure :

1° Qu'une éruption a bien eu lieu à Saint-Vincent en 1718. Elle se produisit, le 5 avril, ce qui n'exclut pas la possibilité d'un paroxysme quelques jours auparavant, mais le fait reste indéterminé.

2° Cette éruption explosive n'a pas été d'un caractère exceptionnel ; elle a présenté les mêmes caractéristiques générales que celles de 1812 et de 1902 et en particulier ces détonations extrêmement violentes, dues à des explosions, qui ont été perçues à une grande distance du volcan, puisque la Guadeloupe en est séparée par quelque 75 milles, détonations qui semblent ne pas avoir été entendues dans les régions intermédiaires. Aucune relation, en effet, n'a été faite à ce sujet de la Martinique. C'est là le phénomène des *zones de silence*, dont il a été si souvent question pendant la grande guerre et que j'avais discuté déjà en 1902, à l'occasion de l'éruption de la Martinique (3).

3° On remarquera que, dans sa lettre, du Lignon ne signale pas de chute de cendres à la Guadeloupe; or ce directeur du jardin du Roi était très attentif à tout ce qui concernait sa mission, et s'il s'était produit la moindre chute de cendres, il n'eût pas manqué de la décrire, en raison des dégâts qu'auraient subis ses cultures; comme cela a eu lieu en 1902, au cours des éruptions qui ont couvert de cendres les Petites Antilles. Thibault de Chanvalon qui, plus tard, a écrit sur les phénomènes météorologiques de la Martinique, n'a cité aucun cas de ce genre dans l'île. Si donc il n'est pas tombé de cendres à la Guadeloupe, il n'a pu s'en produire à Saint-Christophe, plus éloigné du volcan et *a fortiori* dans les Grandes Antilles. Le récit de Defoe est donc inexact même à ce point de vue (4).

Enfin cette lettre de du Lignon se termine par la constatation d'un tremblement de terre; celui-ci n'avait certainement pas de relation avec l'éruption de Saint-Vincent. L'observation a montré en effet que dans les grandes éruptions des Antilles la terre n'a pas tremblé (Martinique), ou n'a tremblé que dans le voisinage du volcan (Saint-Vincent).

---

(3) *La Martinique et ses éruptions*, p. 487-491.

(4) L'annonce faite par Defoe de la disparition de l'île de Saint-Vincent rappelle les dépêches fantaisistes, publiées par la presse quotidienne en mai et en août 1902 annonçant la disparition de la Martinique sous les eaux.

RELATIVITÉ. — *Sur l'expérience de Sagnac.* Note de M. **Paul Langevin**.

MM. A. Dufour et F. Prunier, après avoir vérifié que le résultat de l'expérience de Sagnac reste le même lorsque la source lumineuse et la plaque photographique sont fixes dans le laboratoire au lieu d'être liées à la plate-forme en rotation qui porte l'appareil interférentiel, ont récemment publié un raisonnement [1] d'après lequel leur expérience, entièrement d'accord avec la théorie classique, soulèverait des difficultés quand on veut l'interpréter au point de vue relativiste.

Je voudrais montrer ici que cette conclusion est inexacte et que les prévisions faites, conformément à la théorie de la relativité, par des observateurs fixes ou par d'autres liés à la plate-forme, s'accordent entre elles aussi bien qu'avec l'expérience.

Remarquons d'abord que, tous les observateurs admettant l'indépendance des lois de la propagation de la lumière et du mouvement de la source ou du récepteur, ainsi que le fait la théorie classique qui représente d'ailleurs, en relativité, le point de vue des observateurs fixes ou plus exactement galiléens, la difficulté que croient voir MM. Dufour et Prunier concernerait aussi bien l'expérience de Sagnac sous sa forme primitive que celle dont leur Note apporte et discute le résultat. En vertu de cette indépendance, tous les observateurs doivent être d'accord pour prévoir que les deux expériences donneront exactement la même différence de phase entre les faisceaux interférents.

Il reste donc à comparer les prévisions faites pour cette différence de phase, dans l'une quelconque des deux expériences, par les observateurs fixes et par ceux qui participent au mouvement de la plate-forme. L'existence d'un désaccord entre ces prévisions semble, *a priori*, peu vraisemblable, puisque la phase d'un phénomène périodique est un invariant des transformations de la relativité restreinte qui correspondent au passage d'un système de référence galiléen à un autre également galiléen.

Il est plus délicat de vérifier que l'accord subsiste lorsque la comparaison a lieu entre un système de référence galiléen considéré comme fixe et un autre système non galiléen animé d'un mouvement de rotation uniforme.

---

(1) A. Dufour et F. Prunier, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1925.

Pour l'observateur fixe, qui raisonne au point de vue de la théorie classique, et pour qui la lumière se propage dans toutes les directions avec la même vitesse c, la lame sur laquelle les faisceaux interférents se séparent et se rejoignent, ainsi que les miroirs sur lesquels ils se réfléchissent, sont en mouvement. Il en résulte que les deux rayons lumineux, suivis chacun dans sa propagation, parcourent des trajets différents, de longueurs inégales et par suite en des temps inégaux t_1 et t_2 dont la différence est donnée, au premier ordre en fonction de la vitesse angulaire ω avec laquelle tourne la plate-forme, par l'expression

$$t_1 - t_2 = \frac{4\omega A}{c^2}, \tag{1}$$

où A représente l'aire intérieure au trajet polygonal que les deux rayons parcourent dans des sens opposés.

Il est à remarquer que, toujours au même point de vue, les deux rayons, bien qu'ils retrouvent, à la fin de leur parcours, une même direction et la même fréquence commune ν_0 qu'ils avaient avant de se séparer, ont, pendant cette séparation, des fréquences et par conséquent des longueurs d'onde qui diffèrent entre elles au premier ordre en ω. Malgré cette complication, il est facile de montrer que la différence de phase avec laquelle interfèrent les rayons considérés est égale, en nombre de périodes, à

$$\nu_0(t_1 - t_2) = \frac{4\omega A \nu_0}{c^2}. \tag{2}$$

Pour l'observateur entraîné, qui utilise sur la surface de la plate-forme des coordonnées d'espaces liées à celle-ci, distance r à un centre et angle polaire θ, par exemple, j'ai montré ([2]) qu'il n'est pas possible d'associer à cet espace un temps uniforme respectant la propagation isotrope de la lumière.

L'observateur lié à la plate-forme peut choisir entre deux solutions simples.

La première consiste à adopter un temps *central* t, qui est celui des observateurs galiléens par rapport auxquels le centre choisi sur la plate-forme est immobile. L'invariant fondamental ds^2 se présente dans ces conditions sous la forme

$$ds^2 = (c^2 - \omega^2 r^2)\,dt^2 - 2\omega r^2\,d\theta\,dt - (dr^2 + r^2\,d\theta^2).$$

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 49.

La présence du terme rectangle en $d\theta\, dt$ implique une anisotropie dans la propagation de la lumière, dont la vitesse varie avec la direction entre $c - \omega r$ et $c + \omega r$ au premier ordre d'approximation en ω.

J'ai montré il y a longtemps ([3]) que, en adoptant ce système de référence, on retrouve, par un raisonnement très simple et très général, la formule (1) pour la différence des temps de parcours des deux faisceaux lumineux dans l'expérience de Sagnac. Dans ce système, les parcours sont égaux au premier ordre, mais de durées inégales en raison de l'inégalité des vitesses de propagation. Pour la même raison, les longueurs d'onde sont inégales, bien que les périodes soient égales, contrairement à ce qui se passait pour les observateurs fixes.

La seconde solution, qui respecte l'isotropie dans la propagation de la lumière, consiste à adopter un temps *local* τ non uniforme, défini de proche en proche par intégration de sa différentielle non totale

$$d\tau = \sqrt{1 - \frac{\omega^2 r^2}{c^2}} \left(dt - \frac{\omega r^2\, d\theta}{c^2 - \omega^2 r^2} \right)$$

ou, au premier ordre,

$$d\tau = dt - \frac{\omega r^2}{c^2} d\theta.$$

Dans ce système de référence, les parcours sont égaux ainsi que leurs durées τ_1 et τ_2, les fréquences sont égales ainsi que les longueurs d'onde, mais, par suite de la non-uniformité du temps τ, l'égalité entre τ_1,

$$\tau_1 = t_1 - \frac{\omega}{c^2} \oint r^2\, d\theta = t_1 - \frac{2\omega A}{c^2},$$

et τ_2,

$$\tau_2 = t_2 + \frac{\omega}{c^2} \oint r^2\, d\theta = t_2 + \frac{2\omega A}{c^2},$$

implique, entre les arrivées sur la plaque photographique des rayons partis de la source lumineuse à un même instant pris pour origine, une différence de temps $t_1 - t_2$ conforme à l'expression (1) et par conséquent une différence de phase conforme à l'expression (2).

([3]) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 831.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les variations de la quantité d'ozone contenue dans l'atmosphère au voisinage de Shanghaï.* Note ([1]) de M. **Pierre Lejay.**

Des mesures régulières de la quantité d'ozone contenue dans l'air ont été poursuivies à l'observatoire de Zo Sé, par la méthode de Dobson, depuis 1932. L'étude de ces cinq années d'observations confirme et permet de préciser les conclusions tirées des deux premières années et publiées dans une Note précédente ([2]).

I. La variation saisonnière est d'une grande régularité, comme le montrent les courbes ci-dessous où sont portées en ordonnées, pour chaque

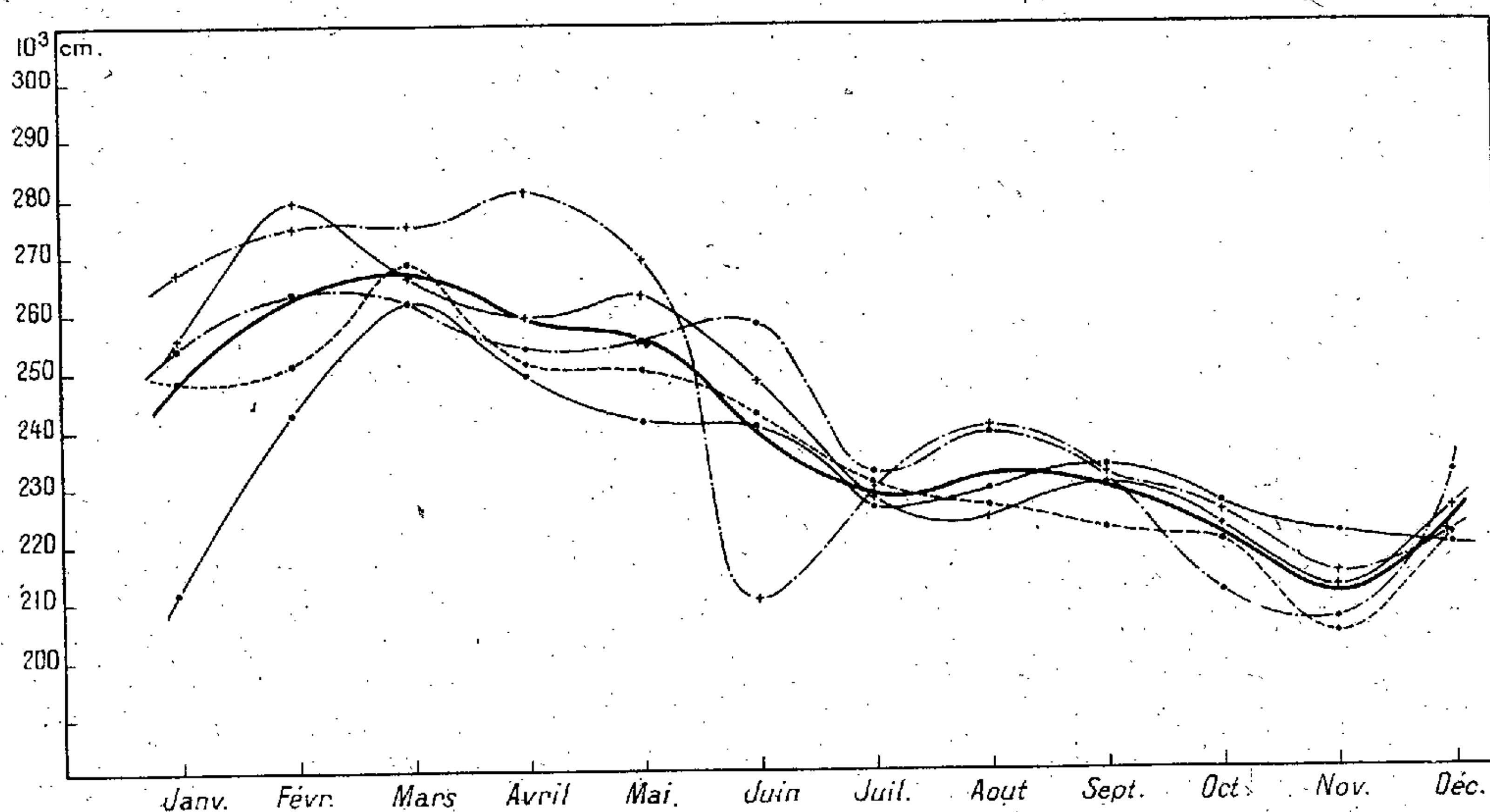


Fig. 1. — Variations annuelles de la quantité d'ozone.

1932 . ————
1933 . — . — . —
1934 . - - - - - - - -
1935 + ————
1936 + — . — . —
Moy. de cinq années ━━━━

année, les moyennes mensuelles. (On ne tiendra pas compte de la valeur donnée pour juin 1936 qui fut extraordinairement pluvieux; trois clichés seulement ont pu être pris à la fin du mois.)

Il est intéressant de noter que la courbe moyenne se superpose exacte-

([1]) Séance du 31 mai 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 879.

ment à celle qui fut tracée dans les mêmes conditions, en d'autres temps, au Caire, à la même latitude : non seulement les maxima, les minima principaux, la dissymétrie de l'augmentation en hiver et de la diminution en été, se retrouvent les mêmes dans les deux stations, mais on y voit également les mêmes minima secondaires d'avril et de juillet.

La variation de la quantité moyenne d'ozone est donc un phénomène très général.

II. Nous avions remarqué dans notre travail précédent [3] que les maxima d'ozone correspondaient presque toujours à un envahissement de l'anticyclone sibérien. Ce fait a été vérifié de nouveau au cours de ces trois dernière années : on trouve de rares exceptions ; le phénomène est particulièrement net lorsque l'anticylone s'étend en forme de V aigu, au moment où la pointe passe sur notre région ; l'accroissement de la quantité d'ozone est moins marqué lorsque l'anticyclone couvre une large surface de la Chine centrale.

Par ailleurs *tous les minima importants* de l'ozone, en été, correspondent à une même situation météorologique ; on trouve toujours, entre un maximum prononcé au nord-ouest (Mongolie occidentale) et un maximum sur le Pacifique, une étroite bande dépressionnaire reliant les basses pressions d'Indochine à une zone de basses pressions couvrant la Mandchourie et l'est sibérien. L'observatoire se trouve donc au centre d'un étroit courant d'air tropical. Ce cas s'est reproduit dix fois en cinq ans, et la loi ne comporte pas d'exception.

La probabilité d'une coïncidence forfuite entre un minimum bien marqué de l'ozone et une telle distribution des pressions, relativement rare, paraîtra bien faible : nous pensons donc être en présence d'un nouveau cas de connexion entre la situation météorologique générale de la troposphère et des mouvements de la stratosphère.

III. Si l'hypothèse, que nous avons avancée en 1934, de l'influence des mouvements de la haute atmosphère sur les variations de l'ozone est exacte, on doit trouver que ces variations sont plus fortes en hiver et au printemps qu'en été et en automne. Dans les premiers mois de l'année, en effet, la quantité d'ozone est au pôle deux fois plus grande qu'à notre latitude, tandis qu'à la fin de l'année, la différence est moitié moindre.

Or, si nous portons sur un graphique (*fig.* 2), mois par mois, l'écart moyen entre les quantités individuelles d'ozone trouvées et la valeur

---

(3) Zi ka wei, *Notes de Météorologie physique*, fasc. III, 1934, p. 13.

moyenne, à la même époque de l'année, pour nos cinq ans d'observations, nous constatons que la courbe obtenue suit celle des différences entre les quantités d'ozone dans les régions polaires et tropicales.

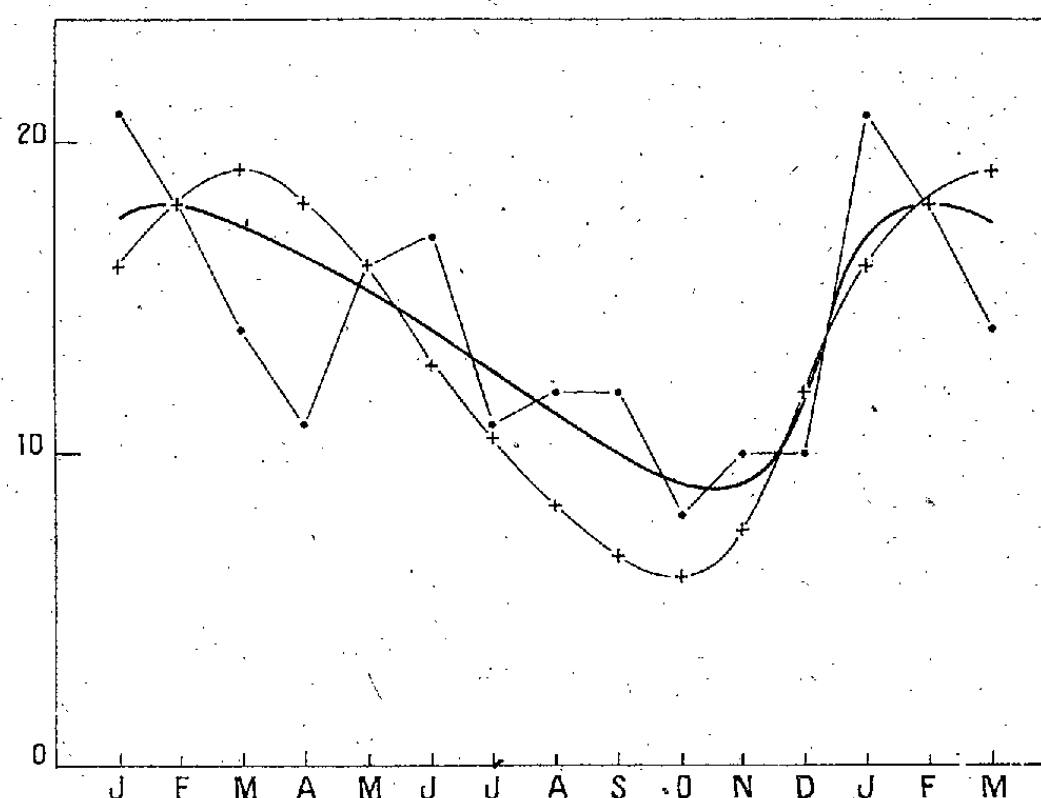


Fig. 2.

——— Variation annuelle de la différence de la quantité d'ozone en deux stations à 30° et 60° de latitude.

+—+—+ Variation moyenne des écarts entre les quantités d'ozone et les moyennes mensuelles.

La relation entre les deux phénomènes nous paraît établie : l'amplitude des variations brusques de l'ozone en un lieu est, en moyenne, proportionnelle aux différences entre les quantités d'ozone aux différentes latitudes. Dès lors, il nous semble bien probable que ces variations doivent être en grande partie attribuées aux déplacements en latitude des masses d'air stratosphérique.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème pour les zéros des polynomes.* Note (¹) de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans cette Note nous démontrons un théorème sur les zéros des polynomes sections du développement de Taylor de fonctions assez générales. Ce

(¹) Séance du 19 juillet 1937.

problème a été posé par Laguerre pour les fonctions $1/P^{\omega}(x)$, où $P(x)$ est un polynome et ω est positif.

THÉORÈME I. — *Soient $p_n^{(s)}$ des nombres définis par*

$$(1)\qquad p_n^{(s)}=\frac{\alpha_s^n}{n!}\int_{-\infty}^{\infty} t^n\,d\varphi_s(t)\qquad (s=1, 2, \ldots, m;\ n=1, 2, \ldots),$$

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ sont des nombres réels, $\varphi_1(t), \ldots, \varphi_m(t)$ des fonctions réelles non décroissantes. Posons

$$(2)\qquad \begin{aligned} f(x)&=(1+p_1^{(1)}x+p_2^{(1)}x^2+\ldots)\ldots(1+p_1^{(m)}x+p_2^{(m)}x^2+\ldots)\\ &=1+c_1x+c_2x^2+\ldots.\end{aligned}$$

Alors le polynome

$$(3)\qquad P_n(x)=1+c_1x+\ldots+c_nx^n$$

a au plus un zéro réel.

Nous démontrerons d'abord que le coefficient c_{2n} est positif. En effet, on a, $(p_0^{(s)}=1)$,

$$(4)\qquad \begin{aligned} c_{2n}&=\sum_{\lambda_1+\ldots+\lambda_m=2n} p_{\lambda_1}^{(1)}p_{\lambda_2}^{(2)}\ldots p_{\lambda_m}^{(m)}\\ &=\frac{1}{(2n)!}\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\int_{-\infty}^{\infty}\sum_{\lambda_1+\ldots+\lambda_m=2n}\frac{(2n)!}{\lambda_1!\,\lambda_2!\ldots\lambda_m!}\\ &\quad\times(\alpha_1t_1)^{\lambda_1}\ldots(\alpha_mt_m)^{\lambda_m}\,d\varphi_1(t_1)\ldots d\varphi_m(t_m)\\ &=\frac{1}{(2n)!}\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\int_{-\infty}^{\infty}(\alpha_1t_1+\alpha_2t_2+\ldots+\alpha_mt_m)^{2n}\,d\varphi_1(t_1)\ldots d\varphi_m(t_m),\end{aligned}$$

d'où il est évident que

$$c_{2n}>0.$$

Considérons maintenant le polynome $Q_n(x)=x^nP_n(1/x)$. On obtient facilement

$$Q_{2n}(x)=\sum_{\lambda_1+\ldots+\lambda_m+\lambda_{m+1}=2n} p_{\lambda_1}^{(1)}\ldots p_{\lambda_m}^{(m)}x^{\lambda_{m+1}},$$

et, puisque

$$x^g=\frac{x^g}{g!}\int_0^{\infty}e^{-t}t^g\,dt,$$

de (4), on voit que $Q_{2n}(x)$ est positif pour chaque x réel. Pour la dérivée

$Q'_{2n+1}(x)$ de $Q_{2n+1}(x)$, on obtient la formule

$$Q'_{2n+1}(x) = \sum_{\lambda_1+\ldots+\lambda_m+\mu=2n} p^{(1)}_{\lambda_1}\ldots p^{(m)}_{\lambda_m}(\mu+1)x^{\mu},$$

d'où il suit que $Q'_{2n+1}(x) > 0$. Donc $Q_{2n+1}(x)$ a un zéro réel seulement, et le polynome $P_n(x)$ a au plus un zéro réel.

Considérons la fonction

$$(5)\quad F(x) = (1-\alpha_1 x)^{-\nu_1}(1-\alpha_2 x)^{-\nu_2}\ldots(1-\alpha_m x)^{-\nu_m} = 1 + d_1 x + d_2 x^2 + \ldots,$$

que j'ai introduite ([2]) dans deux Notes récentes. Nous avons le théorème suivant :

Théorème II. — *Soient les nombres* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ *réels et les nombres* $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_m$ *réels positifs. Alors le polynome*-section

$$R_n(x) = 1 + d_1 x + d_2 x^2 + \ldots + d_n x^n$$

du développement (5) *a au plus un zéro réel.*

En effet on a, pour ce cas,

$$(1-\alpha_s x)^{-\nu_s} = 1 + p_1^{(s)} x + p_2^{(s)} x^2 + \ldots,\qquad p_n^{(s)} = \alpha_s^n \binom{n+\nu_s}{n} = \frac{\alpha_n^s}{n!}\int_{-\infty}^{\infty} t^n \varphi'_s(t)\,dt,$$

$$\varphi'_s(t) = \frac{1}{\Gamma(\nu_s)} e^{-t} t^{\nu_s-1},\qquad t>0,\qquad \varphi'_s(t) = 0,\qquad t<0,$$

et le théorème découle immédiatement du théorème I. En prenant $F(x) = 1/P^{\omega}(x)$, $\omega > 0$, $f(x) = e^{\delta x}/P^{\omega}(x)$, on obtient un théorème de Laguerre ([3]), dont la démonstration n'était pas complète.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation du procédé de sommation de Poisson.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Paul Montel.

Un des résultats obtenus dans une précédente Note ([1]) peut être précisé de la manière suivante : Soit $f(x)$ une fonction sommable dont les coefficients de Fourier sont a_n, b_n. Soient $\psi_0(r)$, $\psi_1(r)\ldots\psi_n(r)\ldots$ des fonctions

([2]) N. Obrechkoff, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 760; 204, 1937, p. 1229. Voir aussi L. Tchakaloff, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 860.

([3]) E. Laguerre, *Œuvres*, 1, 1898, Paris, p. 110-113.

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 14.

positives de r, formant une suite décroissante et convexe ($\psi_0 = 1$), quel que soit r tel que $0 \leqq r < 1$. Nous supposons

$$\lim_{r \to 1} \psi_p(r) = 1 \qquad (p \text{ fixe}),$$
$$\lim_{n=\infty} \psi_n(r) = 0 \qquad (r \text{ fixe } \textit{inférieur} \text{ à } 1).$$

Le noyau

$$K(t, r) = \psi_0(r)\frac{1}{2} + \psi_1(r)\cos t + \ldots + \psi_n(r)\cos nt + \ldots$$

représente une fonction sommable. On sait que

$$(1) \quad \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} f(x+t)\,K(t, r)\,dt = \frac{a_0}{2}\psi_0(r) + \sum_1^{\infty}(a_n \cos nx + b_n \sin nx)\,\psi_n(r),$$

l'intégrale existant pour presque toute valeur de x et l'égalité ayant lieu à condition que la série du second membre converge ([2]). Le noyau possède les propriétés suivantes : il est positif quel que soit t; son maximum $M(\delta, r)$ pour $0 < \delta \leqq t \leqq \pi$ tend vers zéro quand r tend vers 1; enfin

$$\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} K(t, r)\,dt = 1.$$

Les deux premières propriétés résultent de ce que, pour $0 < \delta \leqq t \leqq \pi$,

$$K(t, r) = \Delta^2\psi_0\frac{1}{2} + \Delta^2\psi_1[2\chi_1(t)] + \ldots + \Delta^2\psi_n[(n+1)\chi_n(t)] + \ldots,$$

$\chi_n(t)$ étant le noyau de Féjer. On a

$$(n+1)\chi_n(t) = \frac{1}{2}\,\frac{\sin^2(n+1)\frac{t}{2}}{\sin^2\frac{t}{2}} < \frac{1}{2\sin^2\frac{\delta}{2}},$$

$$M(\delta, r) < \frac{1}{2\sin^2\frac{\delta}{2}}[\Delta^2\psi_0 + \Delta^2\psi_1 + \ldots] = \frac{1-\psi_1}{2\sin^2\frac{\delta}{2}}.$$

Supposons maintenant que les $\psi_n(r)$ soient choisies de façon que pour tout $r < 1$ la série de (1) converge au point x. Les propriétés du noyau permettent alors d'affirmer que si x est un point de continuité de $f(x)$, on a

$$(2) \qquad f(x) = \lim_{r \to 1}\left[\frac{a_0}{2}\psi_0(r) + \sum_1^{\infty}(a_n \cos nx + b_n \sin nx)\psi_n(r)\right].$$

([2]) Cf., par exemple, Zygmund, *Trigonometrical Series*, Varsovie, 1935, p. 14 et 90.

En particulier :

A. Si $\psi_n(r) = O(1/\log n)$ et si $f(x)$ est une fonction partout continue, l'égalité (2) a lieu partout (et cela, d'ailleurs, par suite des propriétés du noyau, uniformément en x).

B. Si $f(x)$ est continue et si $\psi_n(r) = O(1/\sqrt{\log n})$, l'égalité (2) a lieu presque partout (facteurs de convergence de Kolmogoroff et Seliverstoff).

Le raisonnement de notre Note citée ci-dessus prouve enfin que si l'on suppose seulement $f(x)$ bornée, l'égalité (2) a lieu presque partout à condition de prendre pour les $\psi_n(r)$ des facteurs assurant la convergence des séries de Fourier des fonctions bornées. On voit aisément qu'il suffit de supposer la série $\Sigma\psi_n(r)/n$ convergente pour tout r *inférieur* à l'unité.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur l'application de la loi de Verdet aux solutions. Pouvoir rotatoire magnétique des ions.* Note de M. **Robert Cordonnier**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous avons cherché, en opérant sur un certain nombre de solutions aqueuses de sels de sodium, potassium, ammonium et des acides correspondants, à mettre en évidence l'effet spécifique des divers ions qu'elles contiennent.

Des recherches sur ce sujet ont été entreprises en 1891 par Jahn et Wachsmuth ([1]). Nos mesures se rattachent en quelques points à un travail de M. Ollivier ([2]). Elles ont été étendues à tout le spectre visible alors que celles des premiers auteurs cités ne concernaient que la lumière jaune du sodium. Les conditions expérimentales ont été indiquées dans une précédente Note ([3]). Nous ne pouvons donner ici que les principaux résultats.

Les solutions sont à concentrations moléculaires équivalentes (1,486 mol./litre pour les sels de monoacides; 0,743 mol./litre pour les sels de diacides). Les rotations dues aux divers corps dissous s'obtiennent par différence entre les rotations magnétiques dues aux solutions et celles dues à l'eau (compte tenu pour celle-ci de la correction de concentration).

([1]) Jahn, *Wiedemann Annalen der Physik und Chemie*, 43, 1891, p. 281; Wachsmuth, *ibid.*, 44, 1891, p. 377.

([2]) *Journal de Physique*, 7e série, 5, 1934, p. 145 S; 6, 1935, p. 113 S; 7, 1936, p. 148 S; 8, 1937, p. 62 S.

([3]) M. Schérer et R. Cordonnier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1724.

Nous en déduisons les rotations spécifiques rapportées à celle de l'eau prise pour unité. Ces dernières dépendent peu de la longueur d'onde. Leurs valeurs restent à peu près constantes lorsque, les concentrations conservant leurs valeurs, on réduit de moitié la valeur du champ magnétique ou lorsque, laissant au champ sa valeur initiale, on fait varier fortement les concentrations (4,358 mol./litre pour les sels de monoacides, 2,179 mol./litre pour les diacides).

Le produit des rotations spécifiques par le rapport des masses moléculaires du corps considéré et de l'eau donne les rotations moléculaires (rapportées à celle de l'eau prise pour unité). La discussion des résultats montre que l'erreur relative sur les rotations spécifiques, très variable avec les conditions d'expérience, ne dépasse pas 0,2. Il en est de même pour les rotations moléculaires des divers corps.

Si, pour chaque longueur d'onde, on forme les différences des rotations moléculaires de deux corps possédant le même cation, dans l'hypothèse habituellement admise d'une dissociation complète, même pour les fortes concentrations, ces différences doivent représenter celles des rotations moléculaires des anions.

Ci-dessous quelques-unes de ces valeurs extraites de nos résultats :

		$HCl-NO^3H$.	$NaCl-NO^3Na$.	$KCl-NO^3K$.	$NH^4Cl-NO^3NH^4$.
$Cl-NO^3$ (ion ion)	6400......	3,67	3,95	3,34	3,70
	5100......	3,45	3,81	3,44	4,11
	4358......	4,08	4,06	3,96	4,45

		$HCl-\frac{1}{2}SO^4H^2$.	$NaCl-\frac{1}{2}SO^4Na^2$.	$NH^4Cl-\frac{1}{2}SO^4(NH^4)^2$.
$Cl-\frac{1}{2}SO^4$ (ion ion)	6400...........	3,55	4,01	3,46
	5100...........	3,62	3,93	3,56
	4358...........	4,07	4,08	3,71

		$\frac{1}{2}SO^4H^2-NO^3H$.	$\frac{1}{2}SO^4Na^2-NO^3Na$.	$\frac{1}{2}SO^4(NH^4)^2-NO^3NH^4$.
$\frac{1}{2}SO^4-NO^3$ (ion ion)	6400.........	0,13	−0,06	0,25
	5100.........	−0,17	−0,12	0,55
	4358.........	0,02	−0,04	0,74

Dans chaque série les écarts par rapport à la valeur moyenne sont de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales.

Quant aux différences des rotations moléculaires de deux corps possédant le même anion, elles semblent plus voisines les unes des autres que l'indiquait Wachsmuth. L'ensemble des résultats permet de concevoir

l'indépendance des effets des ions au point de vue pouvoir rotatoire magnétique. Si, en première approximation, on néglige l'effet de l'ion hydrogène, les valeurs trouvées pour les rotations spécifiques des solutions acides peuvent être prises pour celles des ions Cl, 1/2 So^4, No^3. Le calcul fournit alors, par différence, les rotations des autres ions, Na, K, NH^4. La comparaison des rotations calculées pour certains corps avec les résultats de mesures directes est généralement satisfaisante. Des mesures faites sur des solutions de sels de cobalt (dispersion anomale) à concentrations moléculaires équivalentes (chlorure, sulfate et nitrate) ont fourni, pour l'ion cobalt, trois courbes de dispersion bien voisines (écart maximum de 10′ environ pour une valeur de l'ordonnée extrême supérieure à 100′). Le point d'inflexion de chacune de ces courbes est nettement situé au voisinage de la longueur d'onde 5100 Å correspondant au maximum de la courbe de dichroïsme. L'ion cobalt, paramagnétique, paraît se comporter comme négatif dans toute l'étendue du spectre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Ultrafiltres de carborundum.*
Note de MM. **Jacques Duclaux** et **Miguel Amat**.

On emploie généralement, pour l'ultrafiltration, des membranes poreuses dont le type est la membrane de nitrocellulose préconisée par Malfitano. Bien que ces membranes aient été longuement étudiées, leur constitution intime est mal connue et le mécanisme de leur action filtrante est encore obscur.

Un ultrafiltre n'est, ou ne devrait être, qu'un filtre à pores très fins. L'un des filtres les plus employés est le filtre à sable, dans lequel les pores sont les interstices entre les grains de sable. Sa structure est évidente et, en combinant les essais de filtration avec des mesures d'adsorption par le sable, on peut avoir une idée nette de son fonctionnement.

En substituant au sable des grains de plus en plus petits, on doit transformer progressivement le filtre en ultrafiltre, en lui conservant ses avantages théoriques. Il faut seulement que les grains satisfassent à quelques conditions : finesse réglable dans des limites étendues, neutralité chimique, insolubilité totale empêchant la recristallisation en grains plus gros. Le siliciure de carbone ou carborundum satisfait à ces conditions. Son seul inconvénient est la forme irrégulière des grains, qui empêche de déduire par un raisonnement géométrique la dimension des pores de celle des grains.

La poudre de carborundum du commerce est traitée par lévigation et donne des fractions de plus en plus fines. Celles que nous avons isolées avaient les caractéristiques suivantes :

Fraction........................	A.	B.	C.
Diamètre moyen (en μ)..........	3	0,6	0,3

Le dernier chiffre est incertain; le produit C contient, à côté de grains relativement gros ($0,5^{\mu}$), un grand nombre de grains voisins de $0,2^{\mu}$. Nous en avons obtenu trop peu ($0,5^{g}$) pour pouvoir le refractionner.

Pour l'emploi, on prépare une suspension de ces grains dans de l'eau légèrement ammoniacale, et l'on en verse un volume connu sur un filtre de verre d'Iéna n° 4 qui retient tous les grains de la fraction A. Sur le filtre mixte ainsi constitué on dépose ensuite une couche de B, puis une de C.

La fraction A a déjà des propriétés ultrafiltrantes, car elle retient des suspensions irrésolubles au microscope de gomme-gutte et de cobalticyanure de cuivre, ou une solution colloïdale de sulfure d'arsenic.

Une solution colloïdale transparente de ferrocyanure de cuivre, ou de ferrocyanure ferrique, traverse la fraction A, mais est complètement arrêtée par la fraction B.

Une solution d'hydrate ferrique à grains très fins est arrêtée par la fraction C. Dans tous les cas nous avons vérifié que la solution colloïdale n'était pas coagulée, mais concentrée sur le filtre.

L'épaisseur des couches filtrantes peut être très petite; en général $0^{mm},03$. Le rapport du volume des grains au volume des pores est environ 3 à 7; un centimètre carré de surface filtrante contient 3^{mg} de SiC.

En raison de l'inertie chimique du carborundum, ces ultrafiltres ne sont soumis à aucune des limitations des ultrafiltres ordinaires, et résistent à toutes les solutions acides ou alcalines, quelle qu'en soit la température.

Le diamètre des pores ne dépend que de celui des grains; si donc on obtient (ce qui est une simple affaire de temps) des grains de dimension à peu près uniforme, on aura le moyen de préparer des ultrafiltres rigoureusement définis, par une technique très simple. La seule difficulté est dans l'obtention, en quantité suffisante, de grains très fins; nous ne sommes pas encore arrivés à une finesse suffisante pour arrêter le rouge Congo ou un polystyrol de poids moléculaire 700000, mais nous pensons pouvoir y arriver soit par un refractionnement de la fraction C, soit par un colmatage raisonné des pores.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse d'oxydation du cobalt.* Note de Mme **Germaine Chauvenet** et M. **Gabriel Valensi**, présentée par M. Georges Urbain.

I. L'oxydation par voie sèche du cobalt métallique n'ayant fait jusqu'ici l'objet d'aucune mesure cinétique ([1]), la méthode décrite par l'un de nous ([2]) a été employée à diverses températures et sous la pression de 760mm pour préciser l'action de l'oxygène sur des échantillons de deux origines : cobalt à 99,14 pour 100, non fondu au préalable et obtenu industriellement par réduction d'un oxyde spécialement purifié; cobalt à 97,76 pour 100, fondu et étiré en fil de 5mm de diamètre.

Le premier se présentait en cylindres analogues au *caledonickel*. Mais contrairement à celui-ci, il offrait un bel éclat et une structure compacte, bien que non exempte de soufflures. Certains essais ont été effectués sur des demi-disques de 1cm,2 de diamètre et 1mm de hauteur sciés dans la masse et polis; d'autres essais ont utilisé les portions fines de limaille traversant le tamis n° 300. Quant au cobalt ordinaire, il a été utilisé en découpant dans le fil des tronçons de 5mm de longueur.

II. Les expériences sur le cobalt *pur* en poudre, poursuivies jusqu'à refus d'oxygène, ont permis de délimiter les zones de stabilité des oxydes sous la pression ordinaire : Les composés Co^3O^4 et CoO se forment respectivement à l'*équilibre*, l'un au-dessous de 750° C., l'autre au-dessus de 850° C. Entre ces deux limites approximatives, l'on obtient des produits intermédiaires, probablement dus à une solubilité réciproque. Réservant à plus tard la statique approfondie du système cobalt-oxygène, nous avons donc étudié, à surface connue et pratiquement constante, la cinétique de l'attaque dans l'intervalle 850°-1100° C., suivant lequel le phénomène est susceptible d'une interprétation simple et d'une comparaison avec l'oxydation du nickel.

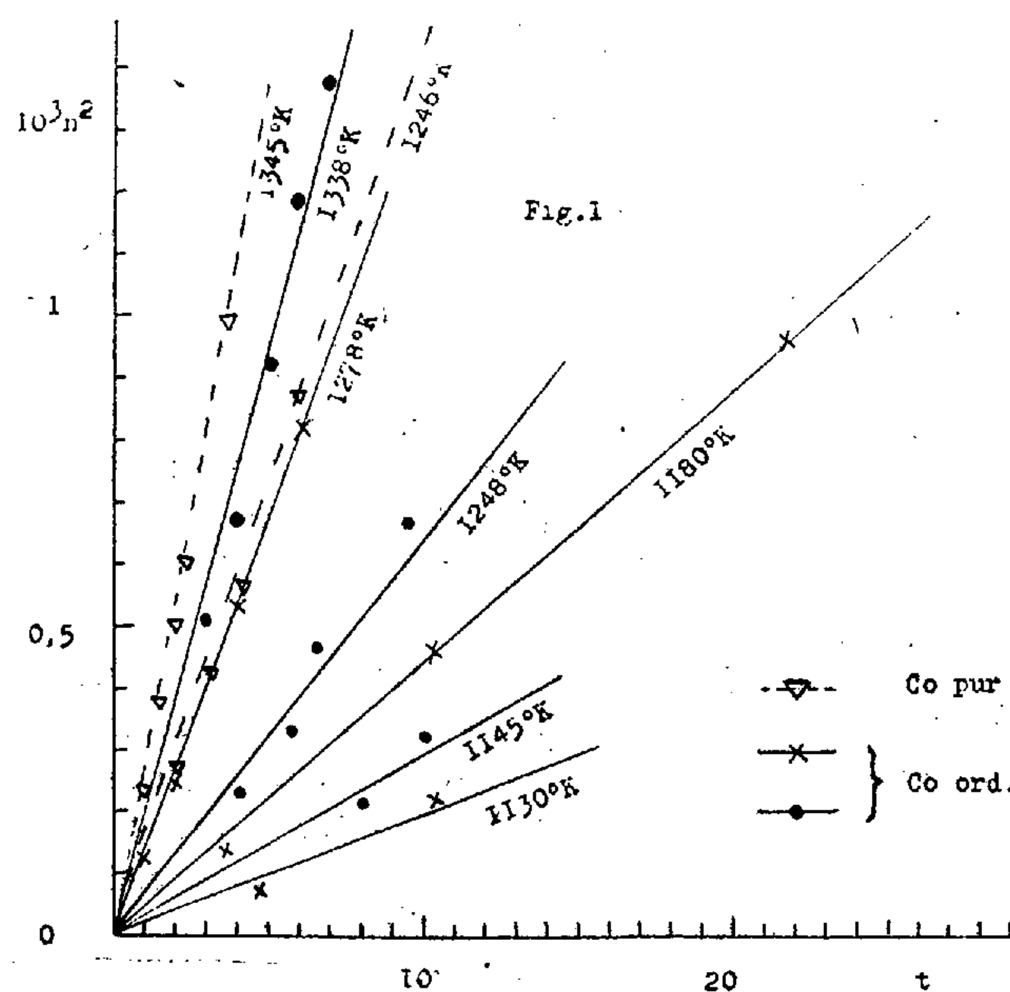
III. Les isothermes de la figure 1 expriment les résultats. Le temps en heures t y est porté en abscisse; l'ordonnée est le carré du nombre n de grammes d'oxygène fixé par cm^2 de surface. La représentation linéaire obtenue traduit la loi parabolique bien connue, à laquelle le cobalt est donc

---

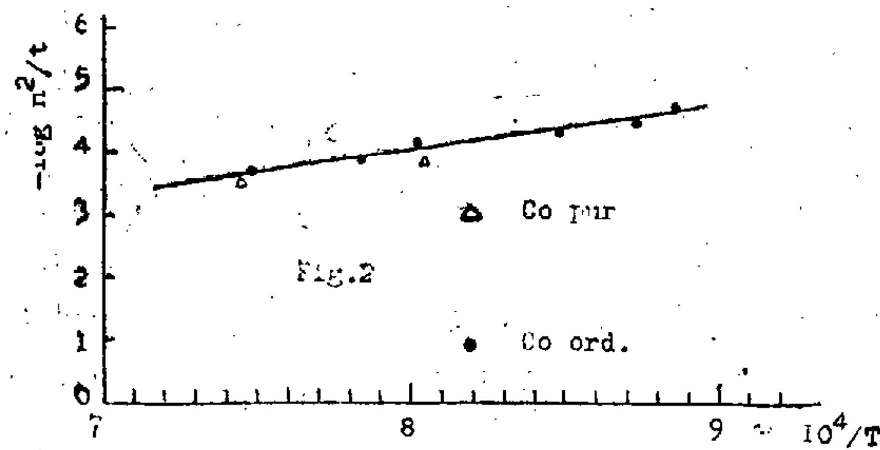
([1]) Tamman et Köster (*Z. anorg. Chem.*, 123, 1922, p. 196) ont cependant étudié la succession des teintes de revenu.

([2]) G. Valensi, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1411.

effectivement soumis. Notons cependant que les soufflures ayant provoqué des irrégularités fréquentes, seules quelques expériences sur le métal pur



ont été retenues. La figure 2 exprime la variation thermique de la vitesse d'oxydation. Elle comporte en abscisse l'inverse de la température absolue



et en ordonnée le logarithme décimal du coefficient n^2/t, constant à une même température. On obtient ainsi une ligne droite, ce qui vérifie la loi d'Arrhenius. Nous avons d'ailleurs constaté une courbure accentuée en deçà de l'intervalle indiqué, le produit formé changeant alors de nature. Enfin l'on remarque l'oxydabilité plus sensible du cobalt pur par rapport au cobalt ordinaire.

IV. Entre 850 et 1100° C., le nombre ν de grammes d'oxygène absorbé par ce dernier, à la température absolue T et au bout de t heures sous la

surface constante de s^{cm^2}, est pour conclure (³)

$$v = 8,51 s e^{-\frac{8520}{T}} \sqrt{t}.$$

L'oxydation du nickel ([4]) exige une énergie d'activation nettement plus grande. En fait, en calculant la quantité d'oxygène fixé, au bout d'une heure, par cm^2 et à 1000° C., par exemple, on trouve :

pour le cobalt : $10^{mg},6$; pour le nickel : $1^{mg},7$.

Krause ([5]) avait déjà remarqué que le cobalt réduit s'oxydait plus facilement que le nickel réduit. Mais cela pouvait venir d'une inégale porosité, comme d'une propriété spécifique. Cette seconde interprétation est désormais établie.

PHYSICOCHIMIE. — *Contribution à l'étude des octanes.* Note de M. **André Maman**, transmise par M. Aimé Cotton.

Une observation approfondie des phénomènes de combustion dans les moteurs a permis de constater que, tandis qu'un carbure d'hydrogène aliphatique saturé à chaîne droite est très détonant, certains de ses isomères de position à chaîne ramifiée, peuvent l'être très peu. Pour compléter les renseignements fournis par une étude précédente sur les hexanes ([1]), en ce qui concerne certaines de leurs propriétés physicochimiques, nous avons entrepris la préparation des octanes. Les isomères que nous avons jusqu'à maintenant obtenus sont l'octane normal, le 2-méthylheptane, le 3-méthylheptane, le 4-méthylheptane, le 2.3-diméthylhexane, le 3.4-diméthylhexane, le 2.4-diméthylhexane, le 2.5-diméthylhexane, le 3-éthylhexane, le 2.3-méthyléthylpentane.

Nous ne parlerons pas ici des préparations de ces carbures, qui paraîtront d'autre part dans une revue. Nous nous bornerons à indiquer quelques-unes de leurs propriétés physicochimiques utiles à l'analyse des mélanges carburants : densité, températures critiques de solubilité, indices de réfraction.

([3]) Une expression un peu différente a été précédemment communiquée (*Soc. Chim.*, Caen, 26 mai 1937). Elle traduit aussi les résultats avec l'approximation qu'ils comportent, mais implique une valeur moins probable de l'énergie d'activation.

([4]) G. Valensi, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 523; *Errata*, p. 800.

([5]) *Apparatebau*, **40**, 1928, p. 62.

([1]) A. Maman, *Contribution à l'étude des hexanes* (*Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 66).

	Densités à 20° C.	Températures critiques de solubilité dans : aniline.	alcool benzylique.	nitrobenzène.	Indices de réfraction à 20° pour : λ = 589$^{m\mu}$.	λ = 546$^{m\mu}$.	λ = 436$^{m\mu}$.	Dispersions spécifiques. : Δn = 589—546.	Δn = 589—436.
		°	°	°					
2.5-Diméthylhexane.....	0,6970	77,5	65,3	27,9	1,39288	1,39451	1,40156	23,4.10^{-4}	124,5.10^{-4}
2-Méthylheptane......	0,6984	74	59,9	23,6	1,39531	1,39697	1,40405	23,8	125,1
2.4-Diméthylhexane.....	0,6993	73,4	57,3	22,8	1,39584	1,39745	1,40461	23,0	125,5
4-Méthylheptane......	0,7036	71,6	54,9	20,5	1,39814	1,39977	1,40692	23,2	124,8
Octane N...........	0,7023	71	54,5	20,5	1,39765	1,39931	1,40644	23,6	125,2
2.3-Diméthylhexane.....	0,7139	69,7	51,4	19	1,40069	1,40236	1,40959	23,5	124,8
3-Méthylheptane......	0,7045	71,3	55,9	21,2	1,39829	1,39993	1,40710	23,3	125,1
2.3-Méthyléthylpentane..	0,7182	67,2	46,6	17,2	1,40353	1,40517	1,41254	23,3	125,9
3-Éthylhexane........	0,7124	68,7	49,2	18,9	1,40128	1,40292	1,41016	23,0	124,7
3.4-Diméthylhexane.....	0,7216	68,4	46,4	16,7	1,40470	1,40636	1,41378	23,0	125,8

Nous avons plus spécialement étudié la résistance à l'oxydation, caractéristique intéressant l'Aéronautique. L'appareil, semblable à celui utilisé pour l'étude des hexanes ([1]), a été étalonné avec l'heptane et le 2.2.4-triméthylpentane, en notant la température à laquelle l'oxyde de carbone apparaît, dans les produits de la combustion, nettement décelé par le chlorure de palladium.

Les températures ci-dessous mentionnées ne sont valables que pour un appareil déterminé.

Octane N................	275°	2-5-Diméthylhexane......	305°
4-Méthylheptane.........	290	2-4-Diméthylhexane......	319
3-Méthylheptane.........	312	2-3-Diméthylhexane......	326
2-Méthylheptane.........	295	2-3-Méthyléthylpentane...	344
3-Éthylhexane...........	314	2-2-4-Triméthylpentane.....	465
Heptane N...............	316		

Nombre d'octanes pour l'octane normal......................	25 (275°)
» l'heptane............................	0 (316°)
» l'isooctane américain.................	100 (465°)

D'après ce qu'ont déjà montré MM. Edgar Pope et Dykstra, pour un certain nombre de carbures il existe une relation entre la résistance à l'oxydation et la détonation. Les résultats que nous venons d'exposer permettent, en premier lieu, de confirmer que les carbures saturés aliphatiques les plus détonants sont à chaîne normale ou à chaîne contenant un seul carbone de la

forme —CH—CH^3, résultat également acquis pour l'hexane normal, le méthyldiéthylméthane et l'isohexane ([2]).

En second lieu, on peut supposer que le pouvoir détonant diminue au fur et à mesure que deux carbones de la forme —CH—CH^3 se rapprochent, dans la chaîne ([2]); enfin, la détonation disparaît quand les carbures possèdent un ou deux carbones tétrasubstitués dans leur molécule ([2]).

Les mesures que nous avons faites sur les hexanes et sur les dix octanes ci-dessus, donnent un classement des résistances à l'oxydation, qui cadre bien avec ce qu'ont obtenu de leur côté MM. Edgar Poppe et Dykstra.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les nouvelles transformations produites à basse température (frigadréactions).* Note de MM. **André Debierne** et **Ladislas Goldstein**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous avons essayé d'augmenter le nombre des réactions spéciales que l'un de nous ([1]) a désignées sous le nom de *frigadréactions*, en opérant avec d'autres substances que le charbon. Chaque expérience était effectuée comme celle du charbon :

1° purge complète des gaz occlus par chauffage sous le vide; 2° refroidissement dans un bain d'azote liquide jusqu'à l'établissement de l'équilibre thermique; 3° introduction d'une petite quantité de gaz hélium pur ou de gaz hydrogène pur.

L'énergie dégagée était déterminée par la mesure du gaz produit dans la vaporisation du bain réfrigérant.

Nous donnerons les premiers résultats suivants :

Hélium sur glucinium. — Très gros phénomène thermique, plus important que pour hélium-carbone.

Hydrogène-glucinium, *Hélium-magnésium.* — Phénomène important.

Hélium-aluminium. — Phénomène moins important.

Hélium-Nickel. — Phénomène encore plus faible.

Hélium-cuivre, *Hélium-sable.* — Phénomène probablement nul.

([2]) A. Maman, *Contribution à l'étude des hexanes et de quelques carbures d'hydrogène*, p. 47 et suiv. (*Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 66).

([1]) André Debierne, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 141.

Ces résultats viennent généraliser ceux qui ont été obtenus avec le charbon. Ils montrent que ce sont surtout les éléments légers qui paraissent susceptibles d'intervenir dans ces réactions : carbone, glucinium, magnésium, aluminium pour les corps solides, hélium, hydrogène, néon pour les gaz.

Il faut rappeler qu'il en est de même pour les transmutations d'atomes provoquées par l'action des particules α, des deutons et des protons. La même cause peut être invoquée dans les deux cas : les noyaux d'atomes légers sont plus accessibles que les noyaux d'atomes lourds.

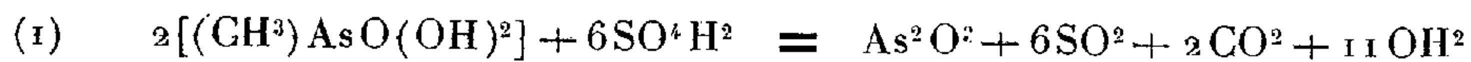
Nous avons cherché si des rayonnements peuvent être décelés à l'extérieur de l'appareil, mais aucun résultat positif certain n'a été obtenu. En particulier, nous avons essayé de mettre en évidence la présence de neutrons dans l'action de l'hélium sur le glucinium qui se présentait comme analogue à celle des particules α sur le même élément utilisé couramment pour réaliser une source de neutrons, mais le résultat paraît être négatif.

De nouvelles expériences sont en cours, mais il semble de plus en plus vraisemblable que les frigadréactions correspondent à des actions nucléaires qui seraient peut-être différentes de celles que nous connaissons actuellement.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Mécanisme de l'attaque sulfurique des acides monométhylarsinique et diméthylarsinique*. Note (¹) de M. **Georges Petit**, transmise par M. Paul Lebeau.

La plupart des méthodes de dosage de l'arsenic dans la molécule organique reposent sur la destruction de celle-ci, en milieu acide et oxydant, avec titrage ultérieur du métalloïde par des méthodes classiques. L'objet de ce travail est l'étude du processus d'attaque, par l'acide sulfurique, des acides monométhyl- et diméthylarsinique.

A. *Acide monométhylarsinique*. — En tubes scellés, à 315°, l'action de l'acide sulfurique sur l'acide monométhylarsinique est représentée par l'équation



$$(1)\qquad 2[(CH^3)AsO(OH)^2] + 6SO^4H^2 = As^2O^3 + 6SO^2 + 2CO^2 + 11OH^2$$

établie en dosant l'anhydride arsénieux et l'anhydride sulfureux après

(¹) Séance du 19 juillet 1937.

attaque complète. Les résultats sont figurés par les courbes ci-dessous, obtenues et portant en abscisses le temps, et en ordonnées, le pourcentage d'anhydride arsénieux et d'anhydride sulfureux par rapport aux quantités données par l'équation (1). Ces deux courbes expriment, en fonction du temps, à température constante, l'une la proportion d'arsenic transformé, l'autre celle d'anhydride sulfureux formé (*fig.* 1). L'examen de ces graphiques conduit aux observations suivantes : 1° L'arsenic passe, d'une façon pratiquement instantanée, à l'état directement titrable par les méthodes habituelles (*fig.* 1, courbe *a*). 2° Les deux courbes se rapportant à l'anhy-

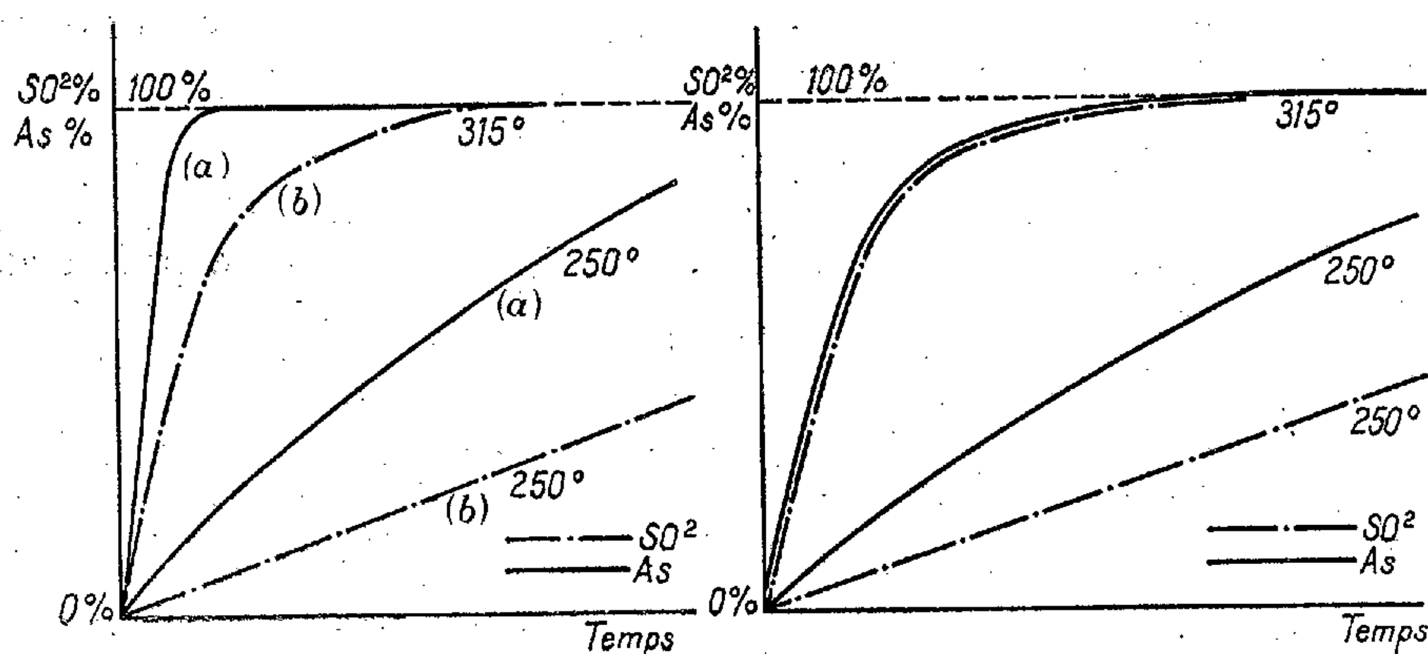
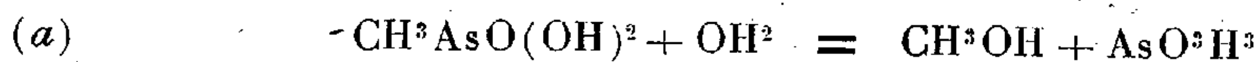


Fig. 1. — Acide monométhylarsinique. Fig. 2. — Acide diméthylarsinique.

dride sulfureux et l'anhydride arsénieux montrent un décalage, d'ailleurs plus accentué à des températures plus basses (*fig.* 1, courbes *a* et *b*). Les dosages pratiqués avant la fin de la réaction font apparaître un déficit d'anhydride sulfureux par rapport à l'arsenic titrable directement. Le rapport du nombre de molécules d'anhydride sulfureux au nombre de molécules d'anhydride arsénieux est alors inférieur à la valeur donnée par l'équation globale d'attaque (1). Dans ce cas, celle-ci ne représente donc pas le phénomène. Ces résultats suggèrent l'existence de deux réactions successives : 1° Une réaction *a*, traduite par l'évolution de l'arsenic; 2° Une autre réaction *b* indiquée par le dégagement d'anhydride sulfureux, correspondant à l'oxydation des produits résultant de la réaction précédente. Ces deux réactions sont dissociables, à 190° par exemple, la réaction *a* se produit seule, il n'y a pas destruction notable du groupe carboné, il se forme de l'anhydride arsénieux, isolé et caractérisé, et du méthanol. La réaction *a* paraît

donc être une simple coupure de la molécule suivant le schéma



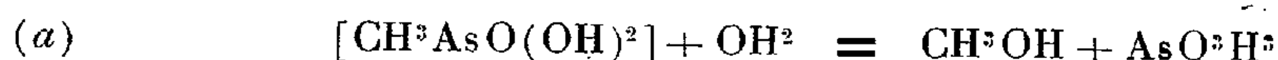
$$(a) \qquad CH^3AsO(OH)^2 + OH^2 = CH^3OH + AsO^3H^3$$

Comme celle-ci ne correspond pas à un phénomène d'oxydation, elle doit pouvoir être effectuée par un acide non oxydant. Effectivement, l'acide phosphorique coupe également la molécule d'acide monométhylarsinique en anhydride arsénieux et méthanol, suivant l'équation (*a*). La seconde réaction *b* est alors l'oxydation sulfurique du méthanol. Aux températures comprises entre 250 et 310°, l'évolution du système représente uniquement celle-ci, la coupure étant pratiquement instantanée dans ces conditions. La réaction *b* a été vérifiée par l'étude de l'oxydation sulfurique du méthanol à différentes températures, le terme final est représenté par

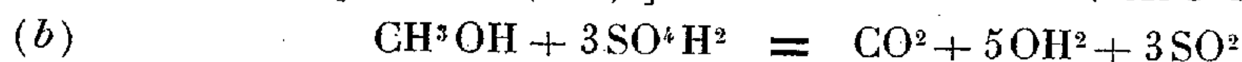


$$(b) \qquad CH^3OH + 3SO^4H^2 = CO^2 + 5OH^2 + 3SO^2$$

En résumé, la destruction de l'acide monométhylarsinique peut s'écrire

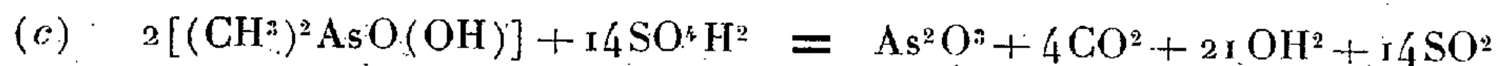


$$(a) \qquad [CH^3AsO(OH)^2] + OH^2 = CH^3OH + AsO^3H^3$$



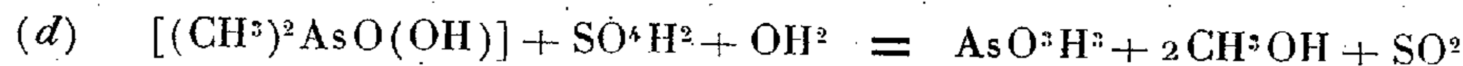
$$(b) \qquad CH^3OH + 3SO^4H^2 = CO^2 + 5OH^2 + 3SO^2$$

B. *Acide diméthylarsinique.* — Une étude identique pour l'acide diméthylarsinique montre, à la température de 315° : 1° le passage quantitatif en 10 minutes, de l'arsenic, de l'état organique à l'état minéral, comme l'avait déjà vu Tiollais (²); 2° la valeur constante du rapport SO^2/As, égal pendant l'évolution rapide du système à celle déduite de l'équation (*c*); c'est-à-dire qu'à chaque instant la réaction obéit à l'équation globale



$$(c) \qquad 2[(CH^3)^2AsO(OH)] + 14SO^4H^2 = As^2O^3 + 4CO^2 + 21OH^2 + 14SO^2$$

il n'y a pas décalage entre les deux courbes (*fig.* 2). A plus basse température, il existe, comme pour l'acide monométhylarsinique, deux réactions successives signalées par le déficit de l'anhydride sulfureux par rapport à l'anhydride arsénieux (*fig.* 2), mais on observe, en outre, la formation simultanée de ces deux corps même à des températures où le groupement carboné n'est pas sensiblement attaqué. Il se dégage 1^mol d'anhydride sulfureux pour 1^mol d'acide arsénieux formée. La première réaction est à la fois d'oxydation et de coupure, elle donne naissance, comme précédemment, à du méthanol, et peut s'écrire



$$(d) \qquad [(CH^3)^2AsO(OH)] + SO^4H^2 + OH^2 = AsO^3H^3 + 2CH^3OH + SO^2$$

(²) *Bull Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 3, 1936, p. 1509.

La seconde réaction est l'oxydation sulfurique du méthanol, attaque déjà étudiée plus haut dans le cas de l'acide monométhylarsinique.

En résumé, contrairement à l'opinion admise, la destruction des acides monométhyl- et diméthylarsinique s'effectue en deux phases nettement différenciées : *a*, coupure de la molécule; *b*, oxydation des produits libérés.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Recherches sur les acétates basiques de plomb*. Note de MM. **René Dubrisay** et **Albert Saint-Maxen**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons exposé (¹) que les particularités observées dans l'action de l'ammoniaque sur les solutions d'acétate de plomb pouvaient être interprétées en admettant l'existence de deux acétates basiques définis, savoir :

1° un acétate basique soluble, plus soluble que l'acétate neutre, qui prend naissance par addition de proportions limitées d'ammoniaque aux solutions saturées d'acétate neutre. Nous avions admis que cet acétate, identique à celui qu'ont obtenu par d'autres voies Payen (²), puis Jackson (³), pouvait être regardé comme l'hydrate de l'hydroxyde de diplombotriacétyle de Plöchl (⁴) de formule $(Pb^2Ac^3)OH$;

2° un acétate basique peu soluble, qui précipite lorsque à des solutions saturées d'acétate neutre on ajoute des proportions suffisantes d'ammoniaque. Nous avons indiqué que la composition de ce corps était la même que celle de l'acétate de triplombo-oxo-dihydroxyle $Ac^2[Pb^3O(OH)^2]$ décrit par Weinland et Paul (⁵).

Nous pouvons aujourd'hui apporter à l'appui de cette manière de voir de nouveaux arguments.

1. *Acétate soluble*. — Si à des solutions d'acétate neutre de plomb on ajoute des proportions croissantes d'ammoniaque, en faisant en sorte que la concentration en plomb reste constante et égale à 0,1 atome-gramme par litre, on constate que jusqu'à une teneur en ammoniaque de 0,5 molécule-gramme par atome-gramme de plomb, le spectre d'absorption dans l'ultraviolet reste invariable sous une épaisseur de 5^{mm}. L'absorption

---

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 584.

(²) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 2ᵉ série, **66**, 1837, p. 46.

(³) *Journ. of the Franklin Inst.*, **178**, 1914, p. 492.

(⁴) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, **13**, 1880, p. 1647.

(⁵) *Zeit. Ann. Chem.*, **129**, 1923, p. 243.

est totale pour les courtes longueurs d'onde (jusqu'à 2760Å), puis décroît et s'annule vers 3600 Å sans aucune bande caractéristique. Mais dès que l'on a dépassé la teneur en ammoniaque indiquée, l'aspect du spectre est profondément modifié; l'absorption s'étend au fur et à mesure de l'augmentation de la teneur en ammoniaque. Pour une proportion de 0,8 d'ammoniaque par atome-gramme de plomb, l'absorption est complète jusqu'à 2950 Å et se prolonge jusqu'aux confins du visible ([6]).

Nous avons d'autre part étudié le spectrogramme de diffraction X de l'acétate basique soluble, préparé, comme il a été dit dans notre première Note, par évaporation d'une solution saturée d'acétate neutre additionnée d'une proportion modérée d'ammoniaque. Ce spectrogramme était superposable à celui du sel de Plöchl. Comme ces corps, ainsi que nous l'avons rappelé plus haut, ont même composition centésimale à une molécule d'eau près, on doit admettre qu'ils ne diffèrent que par une molécule d'eau zéolithique.

2. *Acétate basique peu soluble.* — Nous avons vérifié tout d'abord qu'à l'acétate basique peu soluble correspondait un spectrogramme X différent de celui de l'acétate soluble dont nous venons de parler. On n'y trouve d'autre part ni les raies de l'acétate neutre, ni celles de l'oxyde de plomb hydraté. Il ne s'agit donc pas d'un mélange de ces deux corps. Enfin, nous avons vérifié que le produit sur lequel nous opérions ne donnait pas les raies de l'hydrocérusite, qui se forme aisément par action de l'acide carbonique de l'air sur les composés basiques du plomb.

Ces divers résultats viennent compléter les considérations analytiques et physicochimiques développées dans notre première Note, et nous permettent de conclure : 1° que les acétates basiques décrits par nous constituent bien des espèces chimiques définies; 2° que contrairement à ce que certains avaient pu croire, il ne se forme pas d'autres acétates basiques définis tout au moins dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés.

([6]) On ne peut opérer sur des solutions plus riches en ammoniaque, en raison de la formation et de la précipitation de l'acétate basique peu soluble.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés des* 1.2-*cyclanediols en* C^5 *et* C^6. Note [1] de MM. **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note a pour but de préciser la structure des dérivés dihalogénés 1.2 des cyclanes et d'étudier les liens existant entre ces composés, les 2-halogénocyclanols et les éthers des cyclanediols 1.2 et des 2-cyclanolones.

I. Nous avons fractionné avec le plus grand soin une masse importante de 1.2-dibromocyclohexane et nous avons constaté que les diverses fractions de tête ou de queue de distillation conduisent au diol *trans*, caractérisé par l'absence de formation du complexe acétonique; de même, le 1.2-dichlorocyclohexane, obtenu à partir du cyclohexène, correspond à un seul stéréoisomère : Eb_{15} 75°; $d_{20} = 1,189$. La fixation du brome sur le 1-méthyl-Δ_3-cyclohexène actif : $[\alpha]_D = +110°$, donne naissance à deux composés difficiles à séparer, représentant vraisemblablement deux des quatre 1-méthyl-3.4-dibromocyclohexanes prévus par la théorie :

	Eb_{15}.	d_{20}.	n_D^{20}.	$[\alpha]_{579}$.	$[\alpha]_{546}$.	$\alpha_{546}/\alpha_{579}$.
Isomère A.......	105°	1,654	1,5393	+34°,85	+39°,95	1,145
Isomère B.......	108°	1,679	1,5410	+19°,35	+22°,15	1,145

Par action du pentachlorure ou du pentabromure de phosphore sur les 2-halogénocyclohexanols, on isole, d'une part, le 1.2-dichlorocyclohexane et le 1.2-dibromocyclohexane, identiques aux composés résultant de la fixation de l'halogène sur le carbure et, d'autre part, le 1-chloro-2-bromocyclohexane : Eb_{17} 94°; $d_{20} = 1,514$; $n_D^{20} = 1,5481$.

Enfin, par chauffage prolongé avec l'acide chlorhydrique, le 2-chlorocyclohexanol *trans* donne naissance par suite d'inversion, à une petite quantité d'isomère *cis*, identifié par formation du dérivé acétonique du diol issu de sa saponification.

II. Ayant obtenu à l'état pur les 2-chlorocyclanols et les 1.2-dibromocyclanes en C^5 et en C^6, nous avons envisagé la préparation d'un certain nombre de mono et de diéthers des cyclanediols 1.2. Les monoéthers ont été obtenus selon la technique de Kotz et Busch [2], par chauffage durant

---

[1] Séance du 19 juillet 1937.

[2] *J. f. prakt. Chem.*, **119**, 1928, p. 36.

plusieurs heures des chlorhydrines avec une solution d'alcoolate de sodium. Les diéthers résultent du chauffage prolongé des dérivés dibromés avec des solutions alcooliques concentrées de potasse ou d'alcoolate; on les purifie très soigneusement par rectification.

	$Éb_{760}$.	d_{20}.	n_D^{20}.	η_{20} (dynes-cm²).	γ_{20} (dynes-cm).	R. M. (³) calculée.	R M. trouvée.
2-Méthoxycyclopentanol	175°	1,021	1,4534	0,0613	38,1	30,87	30,98
2-Éthoxycyclopentanol	182	0,990	1,4512	0,0712	35,0	35,49	35,34
2-Méthoxycyclohexanol (⁴)	181,5	1,015	1,4605	0,0823	37,7	35,49	35,12
2-Éthoxycyclohexanol (⁵)	187	0,982	1,4563	0,1031	34,7	40,11	39,90
2-Propaneoxycyclohexanol	205	0,970	1,4580	0,1216	34,7	44,73	44,43
2-Cyclohexaneoxycyclohexanol	$Éb_{15}$ 121° solide F. 50°						
1-Méthyl-2-méthoxycyclohexanol	181	0,987	1,4620	0,1267	36,4	40,11	40,07
1-Éthyl-2-méthoxycyclohexanol	186	0,975	1,4639	0,0789	36,1	44,73	44,70
1.2-Diméthoxycyclopentane	108	0,958	1,4482	0,0067	31,9	35,61	35,87
1.2-Diéthoxycyclopentane	126	0,934	1,4417	0,0122	31,9	44,84	45,27
1.2-Diméthoxycyclohexane (⁶)	135	0,971	1,4581	0,0122	34,2	40,23	40,47
1.2-Diéthoxycyclohexane	151	0,935	1,4542	0,0175	33,9	49,46	49,83
1.2-Dipropaneoxycyclohexane	159	0,930	1,4558	0,0185	33,5	58,70	58,43
1.2-Diisopropaneoxycyclohexane	160	0,931	1,4557	0,0239	33,4	58,70	58,37
1.2-Dibutaneoxycyclohexane	192	0,925	1,4561	0,0297	33,1	67,93	67,00
1.2-Dicyclohexaneoxycyclohexane	$Éb_{15}$ 120°	0,980	1,4731	0,0417	36,5	82,01	81,85

Le 1.2-dibromocyclohexane, chauffé à 110° pendant plusieurs jours en présence d'éthanediol et de potasse, conduit au diéther éthylénique du cyclohexanediol (⁷), tandis que le 1.2-dibromocyclopentane semble se transformer uniquement en cyclopentadiène.

Ces mono- et diéthers du cyclohexanediol, traités par le pentabromure de phosphore, donnent le dibromocyclohexane précédemment signalé.

III. Les éthers des 2-cyclanolones n'ont pu être formés par action des 2-chlorocyclanones sur les alcoolates correspondants; la 2-chlorocyclohexanone conduit, comme l'ont observé Favorsky et Bajowsky (⁸), aux esters

---

(³) Le parachor a été également déterminé.

(⁴) Brunel, *Ann. Chim. Phys.*, 3ᵉ série, 6, 1905, p. 267; Ipatieff et Lougovoj, *J. Soc. Chim. Phys. R.*, 46, 1914, p. 470; Bedos, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 750.

(⁵) Brunel (*loc. cit.*); Kotz et Hoffmann, *J. f. prakt. Chem.*, 110, 1925, p. 101; Kotz et Busch, *J. f. prakt. Chem.*, 119, 1928, p. 36.

(⁶) Palfray et Sabetay, *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 43, 1928, p. 895.

(⁷) Sabetay et Sandulesco, *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 43, 1928, p. 904.

(⁸) *Journ. Soc. phys. chim. R.*, 50, 1920, p. 582.

cyclopentane-carboniques, et la 2-chlorocyclopentanone donne lieu uniquement à des produits fortement condensés. Cependant, grâce à l'oxydation chromique des monoéthers des 1.2-cyclanediols, Kotz et Hoffmann [9] purent isoler la 2-éthoxycyclohexanone, et nous-mêmes les quelques éthers cétoniques suivants :

	Eb_{150}.	d_{20}.	n_{20}^{D}.	γ_{20} (dynes/cm²).	R. M. calculée.	R. M. trouvée.
2-Méthoxycyclopentanone...	179	1,034	1,4441	37,9	29,36	29,28
2-Éthoxycyclopentanone....	186	1,002	1,4383	34,8	33,98	33,55
2-Méthoxycyclohexanone [10].	185	1,013	1,4512	38,0	33,98	34,03
2-Propane oxycyclohexanone.	209	0,964	1,4494	34,6	43,21	42,97

TECHNIQUE CHIMIQUE. — *Étude des filtres antiaérosols en pâte d'alfa. Protection des filtres antiaérosols contre l'humidité par une couche de substance déshydratante.* Note [1] de MM. **Lucien Dautrebande**, **Pierre Angenot** et **Edmond Dumoulin**, présentée par M. Charles Achard.

Dans des travaux antérieurs, nous avons mis en évidence qu'un filtre antiaérosol en papier d'alfa colmaté et résistant parfaitement aux forts débits (>5000 litres/heure) et aux fortes concentrations en aérosols ($0^g,50$ par mètre cube de bleu de méthylène), est *percé* à 1500 litres/heure par $0^g,20$ par mètre cube de bleu en moins de 20 minutes, et à 5000 litres/heure par $0^g,50$ par centimètre cube de bleu en moins de 5 minutes, si l'air contient plus de 93 pour 100 d'humidité.

Le but des essais suivants est de déterminer le bénéfice de temps d'usage efficace obtenu en protégeant le filtre antiaérosol par une couche de substance déshydratante. Nous avons utilisé à cette fin :

A. *Le silicagel.* — En amont de la boîte expérimentée, l'on monte une autre boîte contenant, entre deux plaques perforées, une couche de 200^{cm^3} de silicagel desséché à l'étuve à 150° pendant plusieurs heures. La perforation des plaques est telle que l'air doit traverser la masse entière de silicagel, sans voie d'élection. Ce n'est qu'au moment où l'atmosphère de la cage a atteint le degré hygrométrique de *vieillissement* (94 à 97 pour 100)

---

[9] *J. f. prakt. Chem.*, **110**, 1925, p. 101.
[10] Bergmann et Gierth, *Lieb. Ann.*, **448**, 1926, p. 64.

[1] Séance du 12 juillet 1937.

que l'on aspire l'air à travers les deux boîtes, au débit de 1500 litres/heure. Le temps de passage de l'air humide est chronométré et, pendant les trois dernières minutes de l'essai, l'atmosphère de la cage est chargée de bleu de méthylène en particules fines obtenues par déflagration de $0^{g},20$ par mètre cube.

Avec une boîte B 69/4, dont le filtre avait été percé en moins de 20 minutes par l'épreuve de *vieillissement*, nous avons fait une première série d'expériences. Le filtre, protégé par le silicagel, a résisté plus de 4 heures au passage de l'atmosphère à 95 pour 100 d'humidité, au débit de 1500 litres/heure. Nous avons obtenu un résultat tout à fait voisin (près de 5 heures d'efficacité) avec le filtre d'une seconde boîte B 69/1, expérimenté dans les mêmes conditions.

B. *Le charbon actif.* — Faisant usage du même dispositif de protection du filtre, nous avons remplacé le silicagel par du charbon actif. Nous avons obtenu successivement les résultats suivants :

Boîte B 68/2 protégée par 200^{cm^3} de charbon actif *non desséché*; résistance du filtre à l'épreuve du *vieillissement* au débit de 1500 litres/heure, *plus de 4 heures*.

Boîte B 68/2 recolmatée, protégée par 200^{cm^3} de charbon actif *desséché* à l'étuve à 140-150° pendant 6 heures; résistance du filtre à l'épreuve du *vieillissement* au débit de 1500 litres/heure, *près de 7 heures*.

Boîte B 80/7, protégée par 100^{cm^3} de charbon actif *desséché* à l'étuve à 140-150° pendant 6 heures; résistance du filtre à l'épreuve du *vieillissement* au débit de 1500 litres/heure, *plus de 2 heures*.

Boîte B 80/7 recolmatée, protégée par 100^{cm^3} de charbon actif *desséché* à l'étuve à 150° jusqu'à poids constant; résistance du filtre à l'épreuve du *vieillissement* au débit de 5000 litres/heure (détection en bleu sur deux ouates pressées), *plus de 1 heure*.

Rappelons ici qu'à pareil débit, un filtre antiaérosol non protégé, parfaitement colmaté, ne résistait pas même 5 minutes à l'atmosphère humide du *vieillissement*.

Conclusions. — En protégeant les filtres antiaérosols en papier d'alfa contre l'humidité par une couche de silicagel ou de charbon actif secs, on augmente très fortement le temps de résistance de ces filtres au *percement* par les fortes teneurs en humidité de l'air.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Un type de texture cristalline observé dans les fils d'aluminium soumis à des torsions alternées.* Note [1] de M. **Raymond Jacquesson.**

Une nouvelle orientation privilégiée des microcristaux d'aluminium a été obtenue par action de torsions alternées sur des cristaux d'aluminium fournis par des fils portés pendant plusieurs heures à une température de 550-600°.

Ces cristaux, décelés par exploration aux rayons X, peuvent avoir 8^{mm} de longueur et servir de micro-éprouvettes de torsion dans une machine appropriée, montée sur la chambre de prises de vue même. Ce dispositif a l'avantage de permettre l'étude des variations cristallines en un point du fil en fonction du nombre de torsions alternées imposées.

Après une première et faible dislocation, suivie d'une période de faibles transformations, un broyage se poursuit rapidement et produit un agrégat de cristallites dont les directions peuvent varier d'une dizaine de degrés par rapport à celles qu'ils avaient dans le cristal initial.

Les phénomènes d'orientation ne se produisent qu'après ce broyage et pendant les dernières torsions précédant la rupture. Ils sont particulièrement nets dans une zone de 1 à 2^{mm}, où la résistance mécanique devient très faible et où se localise la torsion imposée au cristal.

Détermination de l'orientation privilégiée. — Les diagrammes obtenus en rayonnement monochromatique pendant cette période de rupture sont formés de secteurs circulaires ou de taches dont la distance au centre du cliché est égale au rayon des anneaux de Debye-Scherrer, mais ces secteurs ou taches ne sont pas disposés symétriquement comme dans les diagrammes de fibres de Polanyi.

Ces diagrammes caractérisent une orientation privilégiée des cristallites. Nous avons pu établir que ceux-ci avaient, pendant la dislocation, conservé parallèle à leur direction initiale dans le cristal, celui de leur axe 110 qui faisait avec l'axe du fil le plus petit angle aigu, mais qu'ils avaient tourné autour de cette direction et de part et d'autre, d'angles restant petits. Si, le fil étant rompu, on le fait tourner de deux en deux degrés par exemple et que l'on prenne pour chacune de ses positions un diagramme, on peut

---

(1) Séance du 19 juillet 1937.

suivre l'évolution d'une tache ou d'un secteur donné de ce diagramme, et, d'après les considérations classiques de Polanyi, on peut déterminer la valeur de la rotation des cristallites autour de leur direction privilégiée. Cette rotation, variable avec l'amplitude des torsions alternées imposées au cristal, reste toujours inférieure à 10°. Dans le cas de torsions d'amplitude de 2 à 3° par millimètre, l'axe précédemment défini est lui-même dévié de sa position initiale et l'on obtient des diagrammes avec secteurs.

Un cas particulier intéressant est celui où l'un des axes 110 est parallèle à l'axe du fil. Les diagrammes sont alors symétriques mais incomplets. Cependant, si le fil tourne autour de son axe pendant la prise du cliché, les différents plans réticulaires des cristallites se présentent sous l'incidence convenable et l'on obtient un diagramme complet, qui est identique à celui que l'on peut construire théoriquement en supposant, comme direction privilégiée parallèle à l'axe du fil, la direction 110.

Cette étude, qui montre qu'un cristal peut être transformé en un agrégat possédant une structure fibreuse par suite d'une légère rotation des cristallites autour d'une de leurs directions cristallographiques restée fixe, permet d'aborder d'une façon moins obscure la question de l'orientation des microcristaux dans les métaux laminés ou tréfilés.

GÉOLOGIE. — *Sur le Viséen du Haut-Atlas à l'Est de Marrakech.* Note [1] de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Charles Jacob.

Découvert au Pays de Skoura par L. Gentil, mentionné par M. L. Moret, le Viséen a été étudié rapidement par L. Clariond, N. Gouskov et moi-même [2]. Marcel Gigout [3] a consacré dernièrement quelques lignes à la description des schistes viséens (?) de la Tessaout.

On sait que le Viséen de Skoura, sur le versant sud du Haut-Atlas, est représenté dans la région de Talioune et du Tizi n'Fedrate par des schistes calcareux, argilo-gréseux, riches en Brachiopodes (*Davisiella comoides*), et en Crinoïdes (calices intacts d'*Actinocrinus*). Aux schistes calcareux

(1) Séance du 12 juillet 1937.

(2) Voir les principales références *in* L. Clariond, N. Gouskov et Ed. Roch. *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 542. Consulter aussi le schéma géologique *in* Ed. Roch, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 289.

(3) *Sur trois affleurements de terrains anciens entre le Rdat et la Tessaoot (Haut-Atlas marocain)*. Diplôme d'études de Géologie, Paris, 1937.

Spirifer striatus, *Productus giganteus*), en Polypiers (*Michelinia megastoma*) succèdent des schistes noirs un peu verdâtres à *Goniatites striatus* ou *G. crenistria*, *Prolecanites serpentinus*, *Beyrichoceras truncatum*, etc.

Les fossiles de l'un et de l'autre niveau datent le Viséen supérieur.

Ce terrain repose en transgression sur le Cambro-Ordovicien, le Gothlandien et l'Eifélien. Il est recouvert en discordance par le *Permo-trias*.

A quelques kilomètres plus à l'Est, dans la moyenne vallée de l'Oued Ikis, la transgression s'effectue même jusque sur l'Algonkien; mais il s'agit alors de conglomérats à éléments de calcaires eiféliens, de schistes verts et de grès cambriens, de dolérite et de granite; leurs bancs alternent avec des schistes verts et noirs souvent aciculaires. A leur surface, les ripple-marks ne sont pas rares. Des lits, parfois gréseux, renferment de gros articles d'Encrines et des débris des Brachiopodes évoquant les coquilles de *Productus*. L'épaisseur de ces niveaux est de 500^m parfois; je les considère comme viséens malgré l'absence de toute faune caractéristique, parce qu'ils sont en continuité avec les couches à Brachiopodes des environs de Taliouine par l'intermédiaire d'un certain nombre de gisements.

Sur le versant nord du Haut-Atlas, il se pose un problème analogue concernant la région des Aït Tamellil, où passe l'Oued Tessaout. Le Gothlandien est le dernier terrain daté avec une absolue précision. Il supporte une série d'au moins 300^m d'épaisseur de schistes tantôt noirs, tantôt verts, fins et grossiers, souvent ornés de ripple-marks, comportant aussi des grès et des conglomérats. Les grès ont fourni des rachis de *Sphenophyllum* et des fragments d'*Asterocalamites* (détermination confirmée par M. Paul Bertrand), des Encrines de fort diamètre, comme dans la vallée de l'Oued Ikis, en pays de Skoura, de rares exemplaires d'*Orthis* et de *Spirifer*. M. Gigout a signalé des *Endothyra* dans les niveaux calcareux des schistes de la rive gauche de la Tessaout. Ces mauvais fossiles, tant animaux que végétaux, m'autorisent à considérer les schistes de la Tessaout comme viséens, sachant que les *Asterocalamites* sont inconnus dans le Dévonien moyen, très rares dans le Dévonien supérieur. Le Dévonien supérieur et le Tournaisien n'ont d'ailleurs jamais été signalés dans la région. Tout au plus pourrait-on penser à du Namurien.

Me reportant au schéma paléogéographique dressé par Henri Termier [4], j'interprète volontiers les poudingues de l'Oued Ikis comme marquant

---

[4] *Études géologiques sur le Maroc Central et le Moyen-Atlas septentrional* (*Thèse*, Paris, 4, 1936, dépliant XII).

une zone proche du rivage de la mer baignant le pied du massif émergé du Sarrho. Les poudingues et les grès, riches en végétaux terrestres flottés des Aït Tamellil suggèrent l'hypothèse de la prolongation de la région émergée des Hauts-Plateaux orientaux, définie par H. Termier, jusque dans les régions de Demnat et de l'Oued el Abid où elle est aujourd'hui masquée par des sédiments jurassiques.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la disparition de l'aimantation permanente des terres cuites, par réchauffement en champ magnétique nul.* Note [1] de M. **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Une terre cuite prend, par refroidissement dans un champ magnétique, une aimantation permanente qui est très stable à la température ordinaire, mais qui disparaît par un réchauffement convenable. Je n'ai en vue ici que l'un des aspects de cette question, que j'ai étudiée avec assez de détails : c'est la désaimantation, par réchauffement en champ nul, de terres cuites préalablement aimantées à chaud par un champ magnétique *n'ayant agi que pendant une fraction du refroidissement.*

La terre utilisée est de l'argile de Noron, cuite en atmosphère neutre (azote pur), à 870°. Des essais précédents m'ont montré que cette terre, cuite dans ces conditions, ne prenait de l'aimantation permanente qu'au-dessous de 580°. Les échantillons étudiés ont été aimantés dans un champ de 13 gauss, agissant au refroidissement depuis une température supérieure à 580° jusqu'à une température T différente pour chaque échantillon. Le tableau suivant donne, pour chacun des échantillons, cette température T, son aimantation spécifique permanente σ (en U. E. M.) et sa susceptibilité spécifique χ [2].

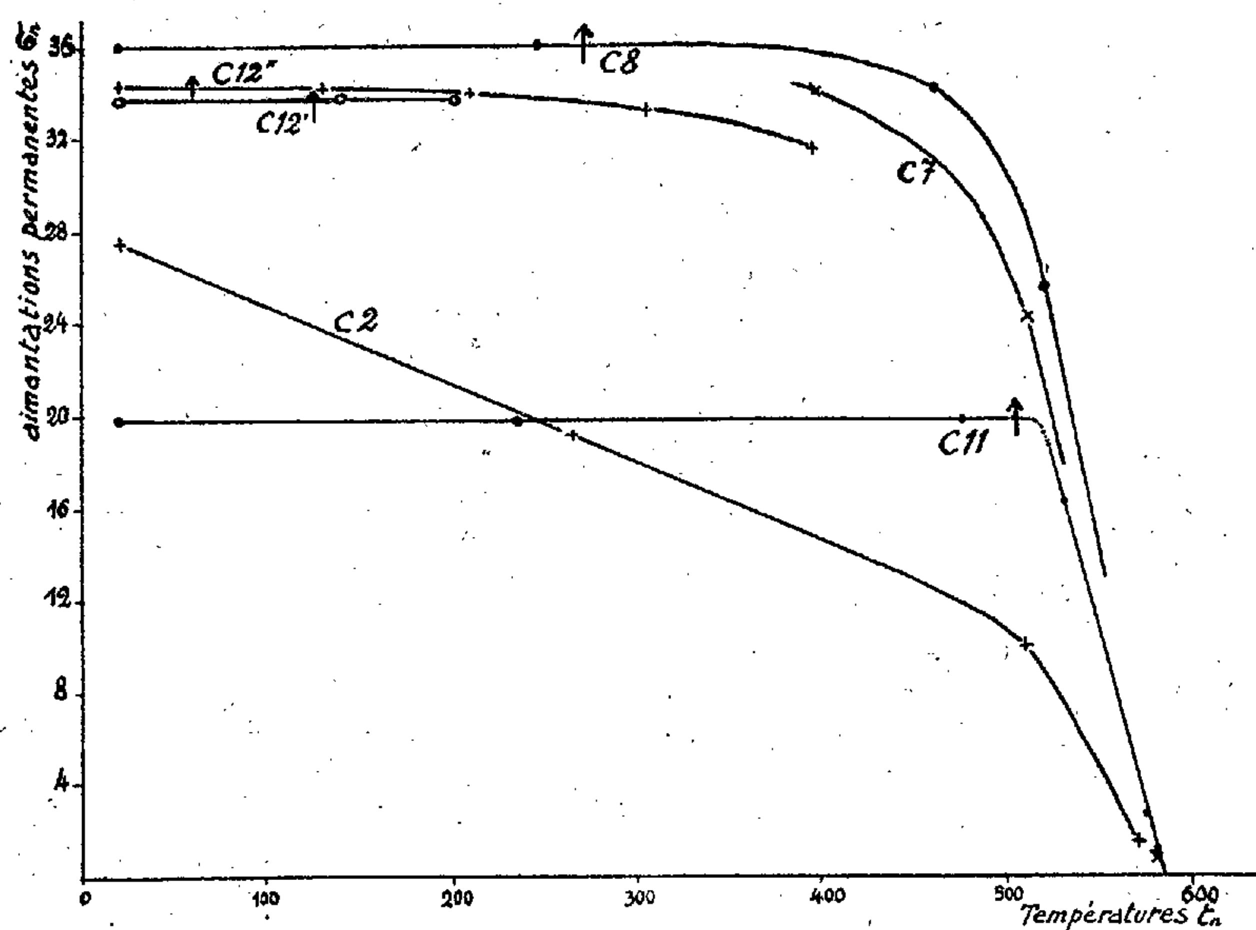
Cylindre	C 11.	C 8.	C 7.	C 12'.	C 12''.	C 2.
T (en degrés)	505.	270.	125.	125.	60.	aimanté à froid.
$\sigma.10^4$	355	620	675	590	600	475
$\chi.10^6$	375	390	410	290	–	390

Le cylindre C 2, seul, n'a pas été aimanté à chaud; refroidi en champ nul après sa cuisson, il a été ensuite aimanté à la température ordinaire dans un champ magnétique assez intense (300 gauss environ).

(1) Séance du 19 juillet 1937.

(2) Cette susceptibilité variable révèle des différences assez importantes de cylindre à cylindre, provoquées par de légères différences de composition.

Chacun de ces cylindres aimantés est réchauffé en champ nul de la façon suivante : le cylindre est porté en atmosphère neutre à la température t_1, puis refroidi et l'on mesure son aimantation permanente restante σ_1 ; puis il est réchauffé à t_2 et l'on mesure σ_2, etc. Les courbes qui suivent contiennent les résultats de tous les essais de réchauffement faits sur ces 6 échantillons ; les aimantations σ_n sont maintenant exprimées en unités arbitraires (centimètres de déviation au magnétomètre de mesure).



Par leurs paliers d'autant plus longs que T est plus élevé, les courbes montrent très nettement que ces terres cuites, aimantées initialement par un champ ayant agi entre 580° et T, ne perdent absolument rien de leur aimantation permanente par un réchauffement à la température T, quelque élevée qu'elle soit. Donc, si l'on imagine deux terres cuites identiques, ayant la même aimantation permanente numériquement, elles ne se désaimanteront pas du tout de la même façon si ces aimantations égales n'ont pas été prises dans le même intervalle de température. En d'autres termes, l'aimantation permanente *se souvient* de la température à laquelle a cessé l'action du champ qui l'a provoquée.

Remarques. — 1° Les courbes viennent toutes se terminer à 580°. Cette température de disparition de l'aimantation permanente, qui est en même temps température d'aimantation commençante, est le point de Curie de la magnétite.

2° L'expérience montre que pour un échantillon donné, la courbe de

réchauffement ne dépend ni du nombre des réchauffements, ni de leur température; en particulier, si l'on répète un réchauffement, l'aimantation restante ne change pas.

3° Dans le cas d'une terre analogue aux précédentes, aimantée initialement par action d'un champ établi à une température T_0 inférieure à 580° et supprimé à T, l'aimantation permanente ne disparaît pas par réchauffement à T_0 comme on pourrait s'y attendre, mais toujours à 580°. Donc la limite supérieure de l'intervalle de température dans lequel a agi le champ n'est pas *retenue* par la terre cuite comme sa limite inférieure.

4° L'aimantation prise à la température ordinaire ne disparaît aussi que vers 580°. Il est intéressant de noter la très nette différence d'allure des courbes de réchauffement dans ce cas (C 2) et dans le cas de l'aimantation complète à chaud (C 12''). Cette différence d'allure des courbes permet de déceler des différences d'origine de l'aimantation; elle sera susceptible, sans doute, d'applications géophysiques.

BIOLOGIE FLORALE. — *Remarques sur la composition du pollen de quelques Renonculacées et sur leur position systématique.* Note de Mme C. **Sosa Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

J'ai établi que la teneur du pollen en carbone et hydrogène variait peu d'une espèce à l'autre, d'une famille à l'autre, si l'on rapporte ces variations à la teneur totale en carbone et hydrogène [1]. Il en est différemment pour la teneur en azote qui peut présenter des variations étendues suivant les groupes botaniques.

J'ai étudié particulièrement la famille des Renonculacées dont l'hétérogénéité est frappante à cet égard, je donnerai ailleurs l'ensemble des résultats relatifs à l'analyse biologique du pollen chez cette famille.

J'examine ici la composition de quelques espèces appartenant à des tribus distinctes. D'après les analyses effectuées suivant la semi-micro-méthode de Kjeldahl, la composition en azote d'une espèce déterminée varie peu avec la date des récoltes.

Trois types différents de composition apparaissent :

1° les espèces du type *Aquilegia* possèdent la teneur en azote la plus élevée (aux environs de 7 pour 100);

2° les espèces du type *Clematis* ont une teneur en azote qui oscille aux environs de 5,5 pour 100;

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 997.

3° les espèces du type *Ranunculus* ont une teneur en azote qui oscille au voisinage de 4,4 pour 100.

Dans l'ensemble ces trois types correspondent aux subdivisions adoptées depuis longtemps par les botanistes : 1° *Aquilégiées;* 2° *Clématidées;* 3° *Renonculées.*

J'ai examiné la composition de plusieurs espèces pour savoir si cette correspondance pouvait être soutenue dans le détail.

	Teneur en azote pour 100 de substance sèche.
1° Type *Aquilegia :*	
Aquilegia chysantha, A. Gray	7,2
Aquilegia vulgaris L.	6,8
Delphinium formosum, Boiss	7,2
Aconitum napel L.	6,6
2° Type *Clematis :*	
Clematis recta L.	5,3
Anemone coronaria L.	5,7
3° Type *Ranunculus :*	
Anemone canadensis L.	4,9
Anemone rupestris, Wall	4,2
Ranunculus bulbosus L.	4,3
Ranunculus ficaria L.	4,6
Thalictrum glaucum, Desf.	4,5
Thalictrum isopyroïdes, C. A. Mey	4,8

Si l'on examine les diverses classifications données par les botanistes, de cette famille hétérogène on constate que les genres *Aquilegia*, *Delphinium*, *Aconitum* sont classés dans la même tribu. Le genre *Anemone* est classé soit parmi les Clématidées (Le Maoût et Decaisne), soit parmi les Renonculées (Baillon, van Tieghem). Il est souvent considéré comme un terme de passage entre les deux tribus. Or, *Anemone coronaria* se trouve classée du point de vue de la composition à côté de *Clematis*, et *Anemone canadensis* et *Anemone rupestris* se rapprochent du genre *Ranunculus*.

Le genre *Thalictrum* dont la teneur en azote est voisine du genre *Ranunculus* est classé soit parmi les Clématidées (Le Maoût et Decaisne, Baillon), soit parmi les Renonculées (van Tieghem).

L'examen de la teneur en azote du pollen des Renonculacées souligne donc, chez divers genres, les différences et les affinités d'ordre morphologique.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La végétation du Sahara occidental en Mauritanie.* Note de M. **Marc Murat**, présentée par M. Auguste Chevalier.

La notion du Sahara atlantique et subatlantique a été précisée récemment par R. Maire et E. Wilczek ([1]) qui ont surtout étudié ces domaines botaniques dans leur partie septentrionale. Je viens de visiter le Sahara occidental dans sa partie méridionale ([2]), ce qui me permet d'apporter une contribution à l'étude de cette province botanique entreprise par mon maître, le Dr R. Maire.

Le domaine du Sahara atlantique occupe en Mauritanie la presqu'île du cap Blanc, ou, plus exactement la région de l'Aguerguer, et, après une solution de continuité, la saillie du cap Timiris. On retrouve des formations végétales propres à ce domaine sur une très faible profondeur, le long de la côte entre le cap el Freh et le 17° N., mais elles sont masquées plus ou moins par la végétation sahélienne. Plus au sud, la végétation littorale appartient entièrement au domaine du Sahel atlantico-nigérien du Professeur Auguste Chevalier ([3]).

Comme le fait prévoir R. Maire, la partie du Sahara atlantique qui s'étend au sud de Villa Cisneros se distingue de la partie étudiée par lui par une humidité moindre. En Mauritanie sa végétation est caractérisée par des peuplements où coexistent de nombreux sous-arbrisseaux communs aux deux secteurs, mais qui font défaut, pour la plupart, dans l'hinterland. Notre secteur se distingue du secteur septentrional par l'absence de plantes succulentes (*Euphorbia Echinus* Coss. et Hook. et *Senecio Anteuphorbium* L.), ainsi que de Lichens sur le sol. Cette disparition se produirait vers le tropique. Les Lichens arboricoles restent abondants dans l'Aguerguer.

Le domaine du Sahara subatlantique s'étend sur tout le Nord de la Mauritanie occidentale, à partir, *grosso modo,* du 20° lat. Nord. Il est assez difficile d'établir sa limite avec le nord du Sahel ([4]). En effet, si le premier a pu être nommé justement *Sahara atténué*, le second mérite en quelque

([1]) *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 1810-1811; *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord,* **26**, 1935, p. 126.

([2]) B. Zolotarevsky et M. Murat, *Rapport scientifique de la Mission d'Études de la Biologie des Acridiens* 1936-1937 (*Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*) (sous presse).

([3]) *Bull. Soc. Bot. Fr.,* 80, 1933, p. 14.

([4]) Sous-province sahelo-désertique de Th. Monod (*Bull. Muséum,* 4, 1932, p. 756).

sorte le même qualificatif. Mais l'atténuation est due cette fois-ci à l'action lointaine mais saisonnière des moussons et non plus aux vents venant du secteur nord qui provoquent des précipitations capricieuses. Pour saisir au point de vue botanique le reflet de cette différence climatique, il faut observer le comportement des formations sahéliennes dont l'existence en dehors de la zone de la pluviosité annuelle devient très précaire.

Il en résulte au nord de celle-ci une étroite localisation des peuplements de la savane sahélo-désertique, dont certains, implantés à la faveur d'une suite d'années exceptionnellement propices, ne manquent pas d'être très éprouvés et même tués par les périodes de sécheresse prolongée. Une différence d'un autre ordre ressortira certainement de la comparaison des listes floristiques quand elles seront plus complètes.

Dans l'Agnéïtir l'intrusion du climat subatlantique dans la zone nord-sahélienne donne lieu à une formation végétale particulière. Les dunes sont recouvertes de halliers d'*Euphorbia balsamifera* Aït. prolongeant ceux du sud, mais avec des plantes sahariennes (*Aristida pungens* Desf., *Cornulaca monacantha* Del., *Calligonum comosum* L'Hér.) dans le sous-bois.

Entre le Cap el Freh et le fond de la Baie du Lévrier, le Sahara subatlantique arrive au bord même de l'Océan; la végétation caractéristique de la zone littorale y fait en effet défaut par suite de l'orientation de la côte qui la met à l'abri de l'alizé de l'Atlantique.

En Mauritanie septentrionale, le domaine subatlantique se retrouve sur le plateau du Tiris, dans la région du massif d'Ijil (qui constitue lui-même un îlot nord-sahélien), dans celle de l'Ouessaat (la plus désertique) et, sous son faciès septentrional, dans le Zemmour. L'extension, plus à l'Est, de l'influence océanique reste encore à préciser.

La caractéristique la plus apparente du secteur méridional réside dans la prédominance très nette, dans la steppe à Salsolacées, de *Nucularia Perrini* Batt. et dans l'aptitude des moindres massifs montagneux à créer des stations permettant la pénétration de la synaecie : *Acacia Seyal* Del., *Panicum turgidum* Forsk., *Lasiurus hirsutus* Boiss., et *Andropogon laniger* Desf., que nous appellerons la *savane sahélo-désertique* ([5]).

Le secteur septentrional est annoncé au voyageur venant du Sud par l'apparition accidentelle, dès le massif d'Ijil, de quelques espèces méditerranéennes, *Rhus oxyacantha* Cav., *Antirrhinum ramosissimum* Coss. et Dur. etc. et se manifeste nettement dans le Zemmour par les peuplements

---

([5]) Dans le Sahara central on retrouve aussi la savane à *Ac. Seyal*, mais elle ne peut s'y maintenir qu'à la faveur de reliefs bien plus accusés.

massifs d'*Haloxilon tamariscifolium* (L.) Pau. La savane désertique à *Acacia Raddiana* C. Savi n'y est plus mélangée, comme elle l'est toujours au sud du Tropique, d'*Ac. Seyal* Del.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la Cytologie des Protistes du genre* Blastocystis. Note (1) de M. G. **Lavier**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les *Blastocystis* sont des parasites intestinaux unicellulaires extrêmement répandus chez les animaux les plus divers, et dont la place parmi les êtres vivants est encore incertaine, encore que la très grande majorité des auteurs (mais non l'unanimité) leur attribue une nature végétale. J'ai fait connaître récemment (2) que, en milieu pauvre (liquide ovomucoïde), un *Blastocystis* commun chez *Rana esculenta* pouvait abandonner l'aspect sphérique classique et pousser des hyphes irrégulières avec élargissements en raquettes. Ce fait ne peut laisser désormais aucun doute sur leur nature végétale, bien qu'il n'indique pas encore clairement les affinités possibles avec les Protophytes dont le statut est bien établi.

Nous avons recherché si l'étude cytologique pouvait à cet égard apporter quelques précisions. Cette étude a déjà été faite pour divers *Blastocystis* par Alexeieff, Bach et Kieffer, Grassé, et plus récemment Micheletti, avec des résultats qui sont loin d'être concordants. Notre étude a porté sur le *Blastocystis* de *Rana esculenta*. Dans l'intestin de la grenouille, celui-ci est parfois assez abondant pour former un véritable faux-tissu, mais il ne constitue pas alors un matériel favorable, car un grand nombre de ces cellules sont mortes. La culture permet, au contraire, d'obtenir aisément des protistes et bien vivants qui s'accroissent, se divisent sporulent. Elle se fait facilement dans les milieux constitués par du liquide de Ringer additionné de 5 à 10 pour 100 de sérum de cheval, ou par le même liquide additionné seulement de blanc d'œuf (liquide ovomucoïde de Bœck). Ce dernier milieu est le plus favorable pour une étude cytologique, et c'est sur le matériel qui y a été cultivé que portera d'abord notre description.

Les *Blastocystis* présentent dans leur structure trois parties distinctes : 1° le cytoplasme contenant le ou les noyaux; il est réduit à une mince sphère creuse par l'existence de : 2° l'énorme vacuole centrale; et il est entouré périphériquement par 3° la membrane.

Dans le premier, la structure du noyau est bien connue; celle du chon-

(1) Séance du 26 juillet 1937.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **125**, 1937 p. 593.

driome l'est beaucoup moins, car les opinions à son sujet sont divergentes. Alexeieff a décrit comme mitochondries des grains et des vésicules prenant l'hématoxyline ferrique, situés au voisinage du noyau et de la vacuole. Grassé conteste la nature mitochondriale de ces formations dans lesquelles il voit plutôt des produits rejetés du noyau dans le plasma. Il n'y a pas de doute cependant qu'il s'agisse de mitochondries, mais altérées par une mauvaise fixation; l'acide acétique les déforme, mais sans les faire disparaître, et elles sont observables après fixation par le liquide de Bouin sous l'aspect qu'a décrit Alexeieff. Les colorations vitales par le vert janus et par le violet dahlia les mettent en évidence assez difficilement et les altèrent rapidement. L'emploi d'une solution iodo-iodurée forte, selon la technique d'A. Guilliermond, permet au contraire de les observer aisément; elles se présentent sous forme de bâtonnets plus ou moins allongés et courbes; un certain nombre montre la transformation vésiculeuse (cavulation). Ces mitochondries sont relativement nombreuses si l'on tient compte de la faible épaisseur que présente le cytoplasme, et l'on ne saurait parler, comme certains auteurs, de pauvreté mitochondriale; elles sont réparties dans tout le cytoplasme, plus nombreuses au voisinage du noyau, mais ce fait ne saurait avoir de signification particulière, car c'est là où le cytoplasme présente son épaisseur maxima. Au moment de la sporulation, elles sont rassemblées autour du noyau dans chacun des îlots cytoplasmiques qui vont s'arrondir pour former les spores. Le cytoplasme peut contenir, en outre, de toutes petites enclaves graisseuses que colore le Soudan III. Rarement le liquide de Lugol met en évidence du glycogène, mais celui-ci est toujours très abondant dans les îlots de formation sporale, et la coloration acajou toujours intense et diffuse dans les spores elles-mêmes, qui contiennent également quelques gouttelettes graisseuses.

La grosse vacuole centrale occupe à elle seule presque tout le volume du Protophyte; le contenu en est liquide, quoique assez visqueux, comme on peut l'observer à l'éclatement. Le rouge neutre la colore de façon homogène et sans précipité; le bleu de crésyl donne un léger précipité sans métachromasie; le Soudan III colore parfois quelques gouttelettes, dues probablement à la coalescence des petites inclusions graisseuses du cytoplasme. Dans les spores, la vacuole est inexistante ou extrêmement réduite.

La membrane externe n'est pas très épaisse, mais cependant présente quelque résistance à la traversée des colorants vitaux. Elle est parfois, mais il s'en faut que ce soit toujours, entourée d'une couche mucilagineuse hyaline visible à l'examen direct et qui peut atteindre une notable épais-

seur. La membrane se colore en violet par le bleu de crésyl, en rouge violacé par le bleu de toluidine; elle ne prend pas le bleu coton, mais, par contre, le rouge de ruthénium. Chez les spores, la membrane est plus épaisse, jamais entourée d'atmosphère mucilagineuse, mais elle ne présente cependant pas les mêmes réactions pectiques; fait intéressant, elle se colore par le rouge Congo qui est sans action sur la membrane des individus adultes.

Le même *Blastocystis* cultivé dans des milieux au sérum présente une vacuole d'aspect tout différent, de réfringence beaucoup plus forte et de contenu à densité très augmentée; on y voit se former les concrétions qu'Alexeieff a décrites dans les formes intestinales; les colorants vitaux y produisent d'abondants précipités; les gouttelettes lipidiques y sont beaucoup plus nombreuses. Il est à noter, d'autre part, que chez des *Blastocystis* de Souris et d'Homme cultivés en Ringer-sérum et à 37°, la teneur en graisses est encore beaucoup plus forte. L'activité du métabolisme des *Blastocystis* est donc bien liée à la fois à la richesse nutritive du milieu et à sa température.

L'analyse cytologique des *Blastocystis*, on le voit, n'apporte guère de lumière sur les affinités de ces Protophytes; tout au plus peut-on remarquer qu'elle n'est pas en faveur d'un rapprochement avec les Levures soutenu par Alexeieff et après lui quelques auteurs.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 14 juin 1937.)

Note de M. *Michel Ghermanescu*, Sur un problème de Laguerre :

Page 1782, ligne 17, *au lieu de* un seul d'entre eux étant réel (négatif), *lire* aucun d'entre eux n'étant réel.

(Séance du 21 juin 1937.)

Note de M. *Georges Nadjakoff*, Sur une nouvelle espèce de polarisation permanente des diélectriques :

Page 1865, ligne 15, *au lieu de* U. Eguchi, *lire* M. Eguchi.
Page 1866, ligne 29, *au lieu de* 17^{mm}, *lire* $1,7^{mm}$.

(Séance du 5 juillet 1937.)

Note de M. *Pierre Vernotte*, Les équations de Navier et la fonction de dissipation en régime hydraulique :

Page 22, ligne 16 en remontant, *au lieu de* la résultante des forces extérieures de volume, *lire* le gradient de pression dynamique, débarrassé des termes hydrostatiques; ligne 13 en remontant, après s'écrit, *ajouter* en régime permanent; lignes 4 et 3 en remontant, *supprimer* et le travail des forces extérieures, petit.

Note de MM. *Casimir Jausseran*, *Léon Grillet* et *Michel Duffieux*, Structure de la bande 5998,9 de l'oxyde azotique :

Page 40, *au lieu de*

(1) $16669,15 - 3,944\,m - 0,00829\,m^2$,
(2) $16669,75 - 3,913\,m - 0,00807\,m^2$,
(3) $16670,15 - 3,879\,m - 0,00772\,m^2$,

lire

(1) $16669,15 + 3,944\,m - 0,00829\,m^2$,
(2) $16669,75 + 3,913\,m - 0,00807\,m^2$,
(3) $16670,15 + 3,879\,m - 0,00772\,m^2$.

Note de MM. *Eugène Cattelain* et *Pierre Chabrier*, Contribution à la séparation de l'ion phosphorique et à son dosage par voie volumétrique :

Page 50, ligne 7 en remontant, *au lieu de* Sthälers, *lire* Stählers.

Note de MM. *Werner Lipschitz* et *Ernst Büding*, Sur les *d*- et *l*-bornéol-glucosides :

Page 58, renvoi (²), *au lieu de* Bergman, *lire* Berghann.
Page 59, au milieu, *au lieu de* — 15,2 (alcool), *lire* — 15,0 (alcool).
Page 60, ligne 7 à partir du bas de l'article, *au lieu de* (P. M. 216,21), *lire* (P. M. 316,21); ligne 10, *au lieu de* = + 55°,6, *lire* = — 55°,6.

(Séance du 12 juillet 1937.)

Note de MM. *André Meyer* et *Henri Drutel*, Les 2.6- et 2.8-diméthyl-4-chloroquinoléines. Propriétés générales. Réactions avec les amines :

Page 148, note au bas de la page, *au lieu de* (¹) Séance du 5 mai 1937, *lire* (¹) Séance du 5 juillet 1937.
Page 149, ligne 9, *au lieu de* Slater (⁴) et Backeberg (⁴), *lire* Slater (⁴) et Backeberg (⁵), et ajouter en note au bas de la page : (⁵) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 1985.

(Séance du 19 juillet 1937.)

Note de Mme *Zina Soubarew-Châtelain*, Sur les variations de conductibilité qu'éprouvent les solutions diluées d'acide molybdique au cours de leur neutralisation :

Page 223, ligne 5 en remontant, *au lieu de* ne peuvent guère provenir d'un anion, *lire* ne peuvent guère provenir *que* d'un anion.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 AOUT 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 18 août au lieu du lundi 16.

M. **Alfred Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Quelques observations inédites ou peu connues sur le volcan de Bourbon au* XVIII[e] *siècle.*

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La quantification des champs dans la théorie du photon.* Note (¹) de M. **Louis de Broglie.**

Dans notre nouvelle théorie de la lumière, l'onde du photon est une fonction à 16 composantes $\Phi_{ik}(i, k = 1, 2, 3, 4)$ qui satisfait à deux systèmes de 16 équations (²). On peut à l'aide des Φ_{ik} former 10 combinaisons linéaires qui représentent les champs et les potentiels électromagnétiques maxwelliens associés au photon et 6 autres combinaisons linéaires représentant des grandeurs étrangères à la théorie de Maxwell.

(¹) Séance du 2 août 1937.

(²) Voir *Nouvelles recherches sur la théorie de la lumière* (*Actualités scientifiques et industrielles*, Paris, 1936, fasc. 411). Dans toutes les formules de cet exposé, nous faisons $K = \frac{h}{2\pi\sqrt{\mu_0}}$.

Les équations du photon admettent comme solutions des ondes planes monochromatiques. Prenons la direction de l'onde plane comme axe des z et posons

$$(1)\qquad P = e^{i\left(kct - \vec{k}.\vec{r}\right)}; \qquad \Delta = \frac{1}{k + \frac{2\pi}{h}\mu_0 c}$$

avec

$$(2)\qquad k^2 - \left|\vec{k}\right|^2 = \frac{4\pi^2}{h^2}\mu_0^2 c^2,$$

où μ_0 est la masse propre du photon nulle ou extraordinairement petite. On peut alors écrire les composantes de l'onde photonique sous la forme

$$(3)\qquad \left\{\begin{array}{llll} \Phi_{11} = \Phi_{33} = \frac{\left|\vec{k}\right|}{\Delta} C_3 P; & \Phi_{22} = \Phi_{44} = \frac{\left|\vec{k}\right|}{\Delta} C_4 P; & & \\ \Phi_{31} = - C_3 P; & \Phi_{13} = - \frac{\left|\vec{k}\right|^2}{\Delta^2} C_3 P; & \Phi_{42} = C_4 P; & \Phi_{24} = \frac{\left|\vec{k}\right|^2}{\Delta^2} C_4 P; \\ \Phi_{41} = - C_2 P; & \Phi_{23} = \frac{\left|\vec{k}\right|^2}{\Delta^2} C_2 P; & \Phi_{43} = - \Phi_{21} = \frac{\left|\vec{k}\right|}{\Delta} C_2 P; & \\ \Phi_{32} = C_1 P; & \Phi_{14} = - \frac{\left|\vec{k}\right|^2}{\Delta^2} C_1 P; & \Phi_{34} = - \Phi_{12} = \frac{\left|\vec{k}\right|}{\Delta} C_1 P. & \end{array}\right.$$

Les C_i sont des constantes arbitraires (sous réserve de la normalisation). C_1 correspond à l'onde lumineuse circulaire gauche, C_2 à l'onde circulaire droite. C_3 et C_4 correspondent à l'onde longitudinale et aux grandeurs non maxwelliennes.

A l'onde (3) sont attachées les valeurs suivantes des potentiels électromagnétiques :

$$(4)\qquad \left\{\begin{array}{ll} A_1 = A_x = (C_2 - C_1)\frac{2\sqrt{\mu_0 c}}{\Delta} P, & A_2 = A_y = (C_2 + C_1)\frac{2\sqrt{\mu_0 c}}{\Delta} P, \\ A_3 = A_z = (C_3 + C_4)\frac{h}{4\pi\sqrt{\mu_0}}\frac{2k}{\Delta} P, & A_4 = V = (C_3 + C_4)\frac{h}{4\pi\sqrt{\mu_0}c}\frac{\left|\vec{k}\right|}{\Delta} P, \end{array}\right.$$

et pour les champs d'autres valeurs qu'on calcule aisément ([3]).

D'autre part, la normalisation de l'onde Φ doit s'effectuer à l'aide de la

([3]) *Loc. cit.*, p. 19, formules (27).

densité ρ (non définie positive) donnée par la formule ([4])

$$\rho = \sum_{1}^{4} |C_i|^2 \cdot \frac{8\pi k \mu_0 c}{h\Delta^2}. \tag{5}$$

Si l'on soumet l'onde Φ à la superquantification, on doit donc poser les relations d'échange

$$[C_i^* C_j] \equiv C_i^* C_j - C_j^* C_i = -\frac{h\Delta^2}{8\pi k \mu_0 c}\delta_{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3, 4). \tag{6}$$

Il est alors facile de former les relations d'échange pour les potentiels (4) et, pour les champs et pour ces derniers, on trouve les relations d'incertitude bien connues dues à M. Heisenberg.

Nous préférons écrire ici les relations de commutation pour les composantes de Fourier des potentiels, qui sont

$$\begin{cases} \left[A_i^*(\vec{k'}).A_j(\vec{k})\right] = -\dfrac{hc}{\pi}\dfrac{1}{k}\delta_{ij}\delta(\vec{k}-\vec{k'}) & (i, j = 1, 2), \\ \left[A_i^*(\vec{k'}).A_j(\vec{k})\right] = 0 & (i = 1, 2 \text{ et } j = 3, 4 \text{ ou vice versa}), \\ \left[A_3^*(\vec{k'}).A_3(\vec{k})\right] = -\dfrac{h^3}{4\pi^3\mu_0^2 c} k\delta(\vec{k}-\vec{k'}), \\ \left[A_3^*(\vec{k'}).A_4(\vec{k})\right] = -\dfrac{h^3}{4\pi^3\mu_0^2 c}|\vec{k}|\delta(\vec{k}-\vec{k'}), \\ \left[A_4^*(\vec{k'}).A_4(\vec{k})\right] = -\dfrac{h^3}{4\pi^3\mu_0^2 c}\dfrac{|\vec{k}|^2}{k}\delta(\vec{k}-\vec{k'}), \end{cases} \tag{7}$$

$A_3(\vec{k})$ et $A_4(\vec{k})$ ne commutent pas : cela tient au fait que dans les formules (4) ces grandeurs dépendent de la même constante $C_3 + C_4$.

Avec des axes rectangulaires quelconques, on trouve

$$\begin{cases} \left[A_i^*(\vec{k'}).A_j(\vec{k})\right] = -\dfrac{hc}{\pi}\delta(\vec{k}-\vec{k'})\dfrac{1}{k}\left\{\delta_{ij} + \dfrac{h^2}{4\pi^2\mu_0^2 c^2}k_i k_j\right\} \\ \left[A_i^*(\vec{k'}).A_4(\vec{k})\right] = -\dfrac{h^3}{4\pi^3\mu_0^2 c}\delta(\vec{k}-\vec{k'})k_i \end{cases} \quad (i, j = 1, 2, 3), \tag{8}$$

la dernière équation (7) n'étant pas modifiée.

En considérant une onde Φ générale avec

$$\vec{A}(\vec{r}, t) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}}\iiint \vec{A}(\vec{k})e^{i(kct - \vec{k}.\vec{r})}dk_1\,dk_2\,dk_3 \tag{9}$$

([4]) *Loc. cit.*, p. 24, formule (35).

il est maintenant facile de former à partir de (8) les relations de commutation des grandeurs électromagnétiques envisagées comme fonctions des coordonnées. Par exemple, on tire aisément de (8)

$$[A_i^*(\vec{r}').A_4(\vec{r})] = -\frac{h^3}{4\pi^3\mu_0^2 c}\cdot\frac{1}{8\pi^3}\iiint k_i e^{-i\vec{k}.(\vec{r}-\vec{r}')}dk_1\,dk_2\,dk_3. \tag{10}$$

D'autre part, on a d'après (8), en tenant compte de (2),

$$[A_i^*(\vec{k}').E_j(\vec{k})] = -\frac{hc}{\pi i}\delta(\vec{k}-\vec{k}')\delta_{ij}, \tag{11}$$

d'où l'on déduit

$$[A_i^*(\vec{r}').E_j(\vec{r})] = -\frac{hc}{\pi i}\cdot\frac{1}{8\pi^3}\iiint e^{-i\vec{k}.(\vec{r}-\vec{r}')}\delta_{ij}dk_1\,dk_2\,dk_3. \tag{12}$$

Si nous appliquons à (12) l'opération $\sum_{j=1}^{3}\frac{\partial}{\partial x_j}$, nous obtenons

$$[A_i^*(\vec{r}').\operatorname{div}\vec{E}(\vec{r})] = \frac{hc}{\pi}\,\frac{1}{8\pi^3}\iiint k_i e^{-i\vec{k}.(\vec{r}-\vec{r}')}dk_1\,dk_2\,dk_3. \tag{13}$$

Les relations (10) et (13) sont bien compatibles car, en théorie du photon, on a

$$\operatorname{div}\vec{E} = -\frac{4\pi^2}{h^2}\mu_0^2 c^2 A_4. \tag{14}$$

Par ailleurs, on peut exprimer, comme l'a montré M. Géhéniau ([5]), les composantes de l'onde Φ à l'aide de 10 grandeurs maxwelliennes et des 6 grandeurs non maxwelliennes. En supposant ces dernières nulles, on trouve ainsi pour la densité ρ

$$\rho = \frac{\pi i}{2hc}[(\vec{A}^*\vec{E}) + (\vec{E}^*\vec{A})], \tag{15}$$

expression dont on peut déduire directement la formule (12). Pour une onde plane *transversale*, on a

$$\vec{E}(\vec{k}) = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t} = -ik\vec{A}(\vec{k}). \tag{16}$$

De (15) et (16) et de l'orthogonalité des ondes planes, on tire la valeur

([5]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 665.

suivante de l'énergie totale du champ photonique

$$(17)\quad W=\frac{\pi i}{hc}\iiint\left(\vec{A}^{*}\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right)dx\,dy\,dz=\sum_{k}h\nu\left[b_1^{+}(\vec{k})\,b_1(\vec{k})+b_2^{+}(\vec{k})\,b_2(\vec{k})\right]$$

en posant

$$(18)\quad b_i(\vec{k})=\sqrt{\frac{\pi k}{hc}}\,A_i(\vec{k});\qquad b_i^{+}(\vec{k})=\sqrt{\frac{\pi k}{hc}}\,A_i^{*}(\vec{k})\qquad (i=1,2),$$

$\nu=kc/2\pi$ étant la fréquence de l'onde correspondant au vecteur $\vec{k}$.

Comme on le sait, la formule (17) exprime correctement l'énergie totale du rayonnement sous la forme $\Sigma n_\nu h\nu$ sans intervention d'une énergie du zéro absolu. L'élimination de l'énergie du zéro absolu est liée à la représentation complexe des grandeurs maxwelliennes dont seul le carré du module a une valeur observable, du moins dans le cas de la lumière ([6]). Il reste naturellement à expliquer comment on peut concilier cette représentation complexe des champs microscopiques avec la représentation réelle nécessaire pour les champs macroscopiques.

En résumé, la théorie du photon, qui élimine automatiquement l'énergie du zéro absolu, montre clairement comment la quantification des champs dérive de la superquantification de l'onde Φ du photon, et fournit un procédé sûr pour écrire exactement les relations de commutation des champs dans le vide.

GÉODÉSIE. — *Caractères généraux de la gravité dans les États du Levant.* Note ([1]) de M. **Pierre Lejay.**

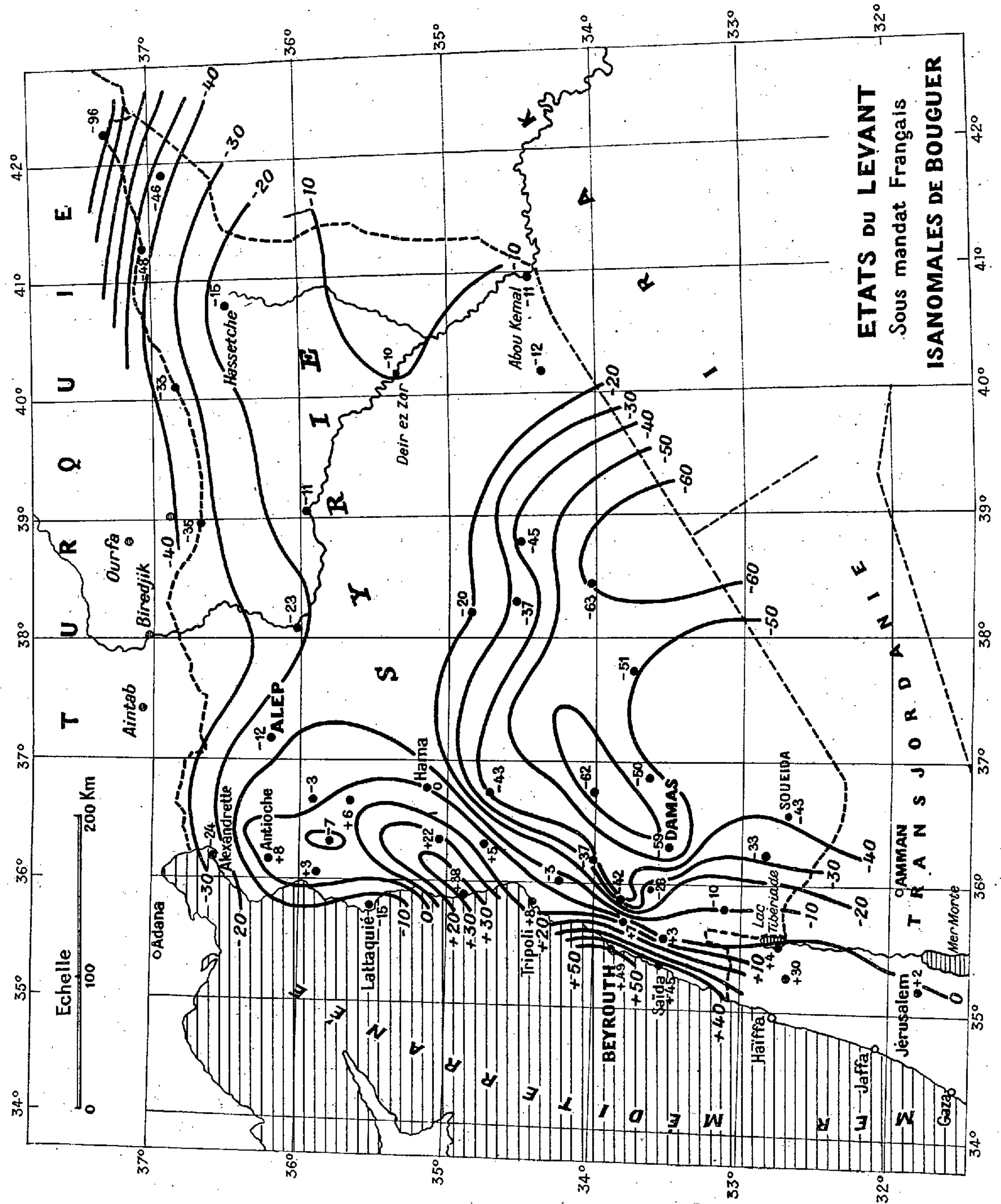
Si nous portons sur la carte des États du Levant les valeurs des anomalies de Bouguer, que nous avons données, pour une cinquantaine de stations, dans une Note précédente ([2]), nous remarquons :

1° Au Nord-Est, l'influence du Taurus, qui se fait sentir par des anomalies négatives de plus en plus fortes à mesure qu'on se rapproche davantage du massif, atteignant —96 milligals à Aïn Divar, sur le Tigre, au pied de

([6]) Cf. Pauli, *Die allgemeinen Prinzipien der Wellenmechanik* (*Handbuch der Physik*, 24, p. 203 et suiv. et p. 247 et suiv.).

([1]) Séance du 2 août 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 193.


ETATS DU LEVANT
Sous mandat Français
ISANOMALES DE BOUGUER
Echelle
0
100
200 Km
TURQUIE
SYRIE
IRAK
TRANSJORDANIE
MER MÉDITERRANÉE
Adana
Aintab
Biredjik
Ourfa
Alexandrette
Antioche
ALEP
Lattaquié
Hama
Tripoli
BEYROUTH
Saïda
DAMAS
SOUEIDA
Lac Tibériade
Haïffa
Jaffa
Jérusalem
AMMAN
Mer Morte
Gaza
Deir ez Zor
Hassetche
Abou Kemal

la montagne. La compensation isostatique de cette chaîne ne fait donc aucun doute.

2° A l'Est, dans toute la partie sud du Djezireh, dans la vallée de l'Euphrate et sur les plateaux désertiques du Chamieh, les anomalies, légèrement négatives, se retrouvent, sur d'immenses étendues, partout les mêmes. Le sous-sol ne doit pas être moins régulier que la surface.

3° A l'Ouest, les fortes anomalies positives de la côte de la Méditerranée indiquent une compensation isostatique de la fosse marine, au large de Beyrouth. L'action des couches de compensation se fait sentir jusque dans le Liban, au sommet duquel la gravité est presque normale. Le fait que les anomalies deviennent fortement négatives dans le fossé qui sépare le Liban de l'Anti-Liban, pour diminuer lorsqu'on remonte les pentes de ce dernier, et augmenter de nouveau plus à l'Est, indique que les trois plissements parallèles de cette région ne sont pas en équilibre isostatique : ce sont des massifs de formation récente, où les séismes ne sont pas inconnus, comme en témoigne la destruction de Baalbek.

4° Au Sud-Est de cette zone montagneuse, les anomalies deviennent de plus en plus fortement négatives pour atteindre la valeur — 66 milligals au pied des émergences basaltiques du Djebel Tenf. On pourrait penser que celles-ci sont reliées au massif volcanique du Djebel Druze, que ces formations très anciennes ont été autrefois plus importantes, compensées isostatiquement, et se sont abaissées dans la suite, sans que leur socle ait encore été modifié.

5° Au Nord, le pays des Alaouites, la région séismique d'Antioche échappent à la loi générale de l'isostasie : nous trouvons en effet les valeurs les plus fortes des anomalies positives sur les sommets. Toute la région effondrée de la vallée de l'Oronte est couverte d'anomalies positives qui vont se raccorder à celles de la côte au Sud-Ouest.

Il est impossible de ne pas rapprocher ces résultats de ceux que nous avons obtenus dans d'autres parties du globe. Partout jusqu'ici, nous avons trouvé l'isostasie vérifiée sous les massifs anciens, stables. Dans toutes les régions séismiques ou de volcans actifs, la loi de compensation des masses superficielles s'est trouvée en défaut.

On pourrait expliquer ce fait de la façon suivante : la compensation se produirait généralement dans un temps assez long après le soulèvement de la surface, et le retour à l'équilibre doit rencontrer dans certains cas des résistances de socles durs dont les brisures, sous la pression verticale

des masses surajoutées, pourraient être à l'origine de certains séismes. Une étude sur la profondeur de leurs foyers dans ces régions serait de très grande importance.

M. **Georges Perrier** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé The Rice Institute Pamphlet. *Lectures and Addresses by Members of the Mission Nationale Française Cavelier de la Salle*, contenant la Conférence qu'il a faite, le 2 avril 1937, sous le titre *Le développement de la Géodésie, de ses origines à nos jours.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Afrique Équatoriale Française. *Législation édictée durant les années* 1925-1929.

2° P. Roux, *La glande pinéale ou épiphyse* (présenté par M. E. Leclainche).

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques réductibilités dans la théorie des cartes.* Note (¹) de M. **Charles Edgar Winn**, présentée par M. Hadamard.

1. Il est connu (²) qu'un polygone de $2n$ côtés entouré de $2n-2$ pentagones et de deux autres polygones adjacents est réductible. On peut donc se demander si la réductibilité demeure valable, et avec quelles restrictions, lorsque les deux derniers polygones sont séparés. Je trouve ici *qu'un polygone de* $2n$ *côtés entouré de* $2n-2$ *pentagones, un hexagone et un autre polygone quelconque, est une configuration réductible, pourvu que les pentagones se suivent en nombre pair.*

En second lieu je tire un cas spécial d'une configuration d'Errera où la production d'un isthme dans la carte réduite ne peut pas nuire à la réductibilité.

(¹) Séance du 12 juillet 1937.

(²) Franklin, *American Journal of Mathematics*, 44, n° 3, 1922, p. 232.

2. Pour démontrer le premier résultat (³), on réduit la figure en supprimant le polygone de $2n$ côtés ainsi que l'anneau qui l'entoure, sauf pour les parties de sa frontière extérieure reliant les sommets libres de l'hexagone et des paires de pentagones successives avec le dernier polygone (voir *fig.* 1). En admettant les couleurs A et B pour P et pour le pays

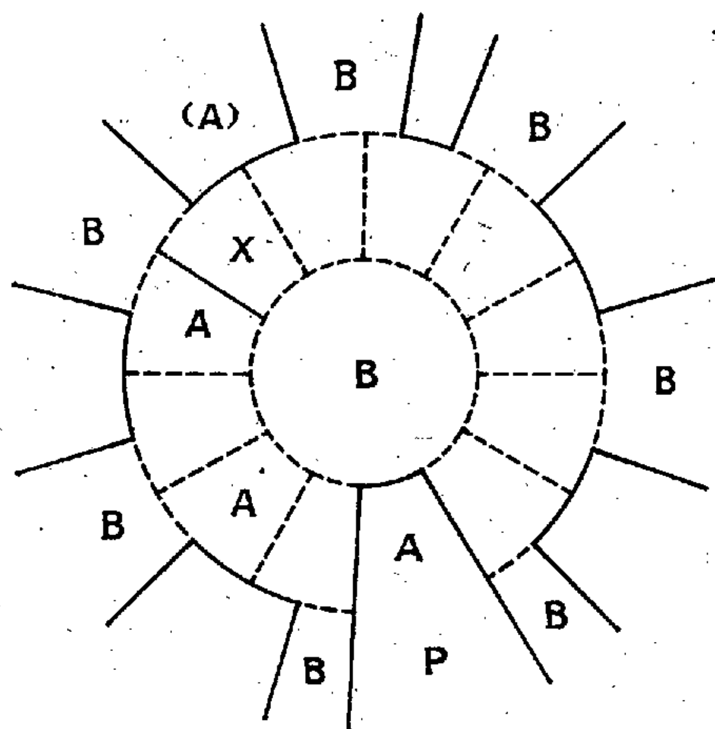


Fig. 1.

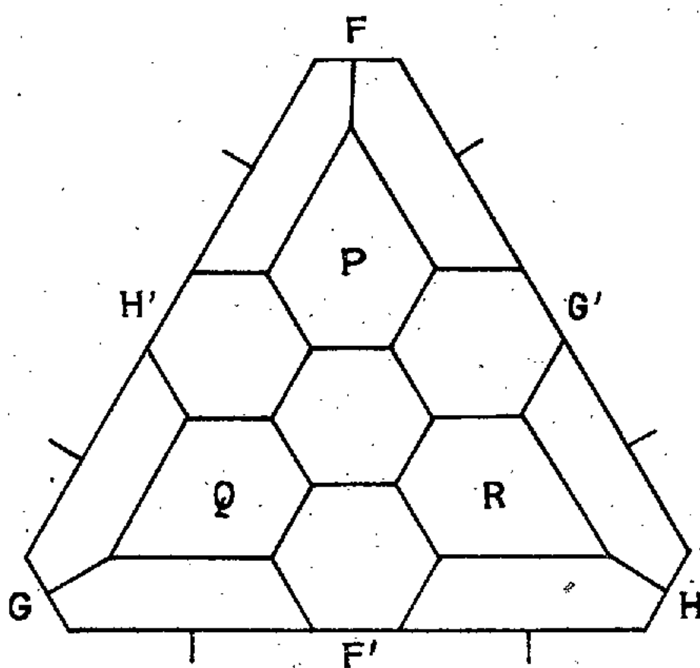


Fig. 2.

central avec ses nouvelles extensions au dehors de l'anneau, on arrive immédiatement à colorier le restant de la carte. En effet, si la couleur A ne se trouve pas au bord de l'anneau, il est loisible de l'attribuer à chaque deuxième pays à partir de P, vu que les pays intercalés ne sont contigus qu'à trois teintes différentes. Au cas contraire, le même procédé est valable jusqu'au premier pays X en contact avec la couleur A, pourvu qu'on fixe l'orientation de manière à *ne pas traverser l'hexagone*. Enfin, puisque ce pays ne touche que deux couleurs distinctes, le coloriage s'achève en partant de P en sens inverse.

En suivant la méthode d'Errera (⁴) on parvient à une généralisation de ce résultat pour un anneau tel que celui de l'énoncé précédent, mais *n'entourant plus un pays unique*. Dans la carte réduite, on relie également les sommets libres de l'hexagone et des paires de pentagones, en coupant au besoin l'anneau. Alors il est possible de prouver par une méthode analogue

(³) Je dois à M. I. Ratib une remarque utile qu'il m'a faite sur la démonstration.
(⁴) *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 53, 1925, p. 43 et 53-54.

que *cette configuration est réductible à condition qu'il n'y ait pas d'isthme dans la carte réduite*. Signalons, par exemple, le cas suivant qui ne produit pas d'isthme : deux polygones adjacents, chacun d'un nombre impair de côtés, en contact avec le même hexagone et avec un même polygone, et bordés par ailleurs de pentagones.

3. D'après Errera ([5]), si deux pentagones sont reliés par une arête, le tout étant entouré de huit hexagones, la configuration ainsi formée est réductible, à condition qu'il n'y ait pas d'isthme dans la carte réduite. Je ferai remarquer que la dernière condition peut être négligée, *lorsqu'un pentagone est ainsi relié avec deux autres pentagones, le tout étant entouré d'hexagones*. En effet, dans la première configuration (*fig.* 2), la réduction pour les pentagones P et Q produirait un isthme si les pays F et F′, ou

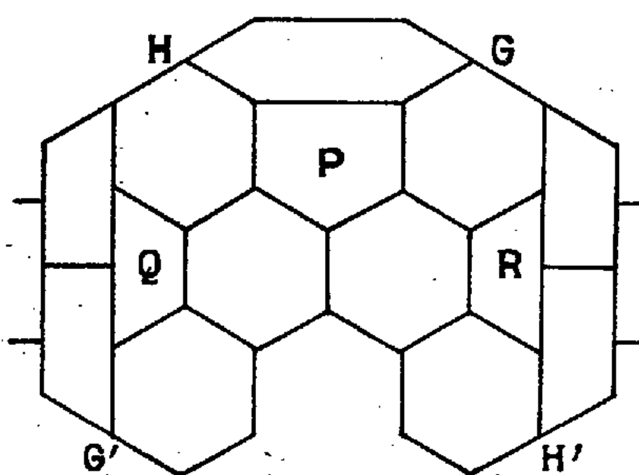


Fig. 3.

bien G et G′, se rencontraient. Dans le premier cas, les pentagones Q et R sont susceptibles de réduction, étant donné que le contact entre G et G′, ainsi qu'entre H et H′, est rendu impossible. De même, si G et G′ se touchaient, les pentagones P et R fourniraient une réduction.

Dans la deuxième configuration (*fig.* 3), on n'a qu'à noter que G et G′ ne se rencontrent pas en même temps que H et H′.

([5]) On peut aussi traiter ce cas en examinant la carte réduite pour la configuration *entière*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de Laguerre et ses généralisations.* Note [1] de M. LUBOMIR TCHAKALOFF, présentée par M. Paul Montel.

Nous avons établi [2] la proposition suivante, concernant les polynomes-sections du développement de la fonction

$$\prod_{k=1}^{p}(1-a_k x)^{-\omega_k}=1+c_1x+c_2x^2+\ldots.$$

Si les nombres a_k et ω_k sont positifs, le polynome

$$P_n(x)=1+c_1x+c_2x^2+\ldots+c_nx^n$$

n'a que des zéros simples dont un seul au plus est réel.

Nous nous proposons ici de démontrer et de généraliser la même proposition en supposant que les constantes réelles a_k ont des signes arbitraires. La démonstration repose essentiellement sur le

THÉORÈME I. — *Soient $c_1, c_2, \ldots, c_{2m}$ $2m$ constantes réelles, ω une constante positive et $c(t, \lambda)$, $h(t)$ les polynomes en t*

$$c(t,\lambda)=\sum_{k=0}^{2m}\binom{\lambda+k-1}{k}c_{2m-k}t^k,\qquad h(t)=\sum_{k=0}^{2m}c_{2m-k}\frac{t^k}{k!}=\lim_{\lambda\to\infty}c\left(\frac{t}{\lambda},\lambda\right)$$
$$(c_0=1),$$

désignons par $\mu(\lambda)$ et μ les minima respectifs de $c(t, \lambda)$ et $h(t)$ lorsque t varie de $-\infty$ à $+\infty$, λ conservant une valeur positive fixe. Dans ces hypothèses, on a

1° $\mu(\omega)\geqq\mu(\omega+1)\geqq\mu(\omega+2)\geqq\ldots$;

2° $\lim\mu(\omega+n)=\mu$ *lorsque le nombre naturel n tend vers l'infini;*

3° *parmi les termes de la suite non croissante* $\mu(\omega)$, $\mu(\omega+1)$, $\mu(\omega+2)$, ..., *il y a une infinité de termes différents, sauf dans le cas où tous les termes de la suite sont égaux à c_{2m}; ce cas exceptionnel n'est possible que lorsque le minimum $\mu(\omega+n)=c_{2m}$ est atteint par le polynome $c(t, \omega+n)$ au point unique $t=0$.*

COROLLAIRE. — *On a toujours l'inégalité $c(t, \omega)>\mu$ pour $t\lesseqgtr 0$.*

THÉORÈME II. — *Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_p$ p nombres positifs et $a, a_1, a_2, \ldots,$*

---

[1] Séance du 26 juillet 1937.

[2] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 842-844.

a_p $p+1$ nombres réels dont un au moins est différent de zéro. Alors tous les coefficients des puissances paires dans le développement de la fonction

$$e^{ax}\prod_{k=1}^{p}(1-a_k x)^{-\omega_k}=1+b_1 x+b_2 x^2+\ldots$$

sont positifs.

Remarque. — Le coefficient b_{2m} représente évidemment une forme de degré $2m$ des $p+1$ quantités réelles $a, a_1, a_2, \ldots a_p$ et notre théorème II exprime que cette forme est définie positive.

Posons

$$f_0(x)=e^{ax},\qquad f_r(x)=e^{ax}\prod_{k=1}^{r}(1-a_k x)^{-\omega_k},\qquad r=1, 2, \ldots, p,$$

et supposons que le théorème soit déjà démontré pour le développement de $f_r(x)=1+c_1 x+c_2 x^2+\ldots$. Considérons les développements

$$e^{tx}f_r(x)=\sum_0^\infty h_n(t)\,x^n,\qquad (1-tx)^{-\omega}f_r(x)=\sum_0^\infty c_n(t, \omega)\,x^n,$$

où ω est une constante positive et t est un paramètre réel. La fonction $e^{tx}f_r(x)$ ne diffère de $f_r(x)$ que par le facteur exponentiel où l'on a remplacé la constante a par $a+t$. D'après notre hypothèse, on a $h_{2m}(t)\geqq 0$ pour toute valeur réelle de t. Soit μ_{2m} le minimum de $h_{2m}(t)$. On a, d'après le théorème I, $c_{2m}(t, \omega)>\mu_{2m}\geqq 0$ pour $t\gtrless 0$ et $c_{2m}(0, \omega)=c_{2m}>0$. Nous avons ainsi établi par induction la validité du théorème II, puisqu'il est évidemment vrai pour la fonction $f_0(x)=e^{ax}$.

Théorème III. — *Les lettres ω_k, a, a_k ayant la même signification que dans le théorème II et*

$$1+c_1 x+c_2 x^2+\ldots$$

étant le développement de la fonction

$$f(x)=e^{ax}\prod_{k=1}^{p}(1-a_k x)^{-\omega_k},$$

le polynome-section $P_n(x)=1+c_1 x+c_2 x^2+\ldots+c_n x^n$ n'a que des zéros simples dont un seul au plus est réel.

Considérons le développement

$$(1-tx)^{-1}f(x)=\sum_0^\infty c_n(t, 1)x^n\qquad \text{où } c_n(t, 1)=t^n+c_1 t^{n-1}+\ldots+c_n.$$

On a, d'après le théorème II, $P_{2m}(x) = x^{2m} c_{2m}(1/x, 1) > 0$ pour toute valeur réelle de x, ce qui prouve que $P_{2m}(x)$ n'a pas de zéros réels. En posant $(1 - tx)^{-2} f(x) = \sum_0^\infty c_n(t, 2) x^n$, on voit de même que $c_{2m}(t, 2) = \sum_{k=0}^{2m} (k+1) c_{2m-k} t^k$ est positif pour toute valeur réelle de t, et la relation

$$\frac{d}{dx}\left\{x^{-2m-1} P_{2m+1}(x)\right\} = -\frac{1}{x^2} c_{2m}\left(\frac{1}{x}, 2\right) < 0$$

nous montre que la fonction $x^{-2m-1} P_{2m+1}(x)$ décroît de c_{2m+1} à $-\infty$ lorsque x croît de $-\infty$ à 0 et qu'elle continue à décroître de $+\infty$ à c_{2m+1} lorsque x croît de 0 à $+\infty$. Il s'ensuit que, si $c_{2m+1} \neq 0$, le polynome $P_{2m+1}(x)$ n'a qu'un seul zéro réel et simple dont le signe est contraire à celui de c_{2m+1}.

D'autre part, en désignant par $N(x)$ et $M(x)$ les polynomes

$$N(x) = (1 - a_1 x) \ldots (1 - a_p x), \qquad M(x) = N(x) \sum_1^p \frac{a_k \omega_k}{1 - a_k x},$$

on a identiquement

$$(M + aN) P_n - N P'_n = x^n Q(x),$$

où $Q(x)$ désigne un polynome de degré $\leq p$ dont tous les zéros sont réels. La dernière formule nous permet de conclure que tous les zéros non réels de $P_n(x)$ sont aussi simples.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Variations du frottement intérieur des solides sous l'influence de traitements thermiques et mécaniques. Influence d'une traction.* Note (¹) de M. **Raymond Jacquesson**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que l'on peut mesurer le frottement intérieur d'un fil de torsion, correspondant à une déformation alternative d'amplitudes maxima $\pm A$, en déterminant soit le coefficient d'amortissement

$$K = \frac{A_n}{A_{n+1}} \qquad \left(A \# \frac{A_n + A_{n+1}}{2}\right)$$

[1] Séance du 8 février 1937.

d'un pendule de torsion, soit la perte $P = A_n - A_{n+1}$, soit encore l'énergie W perdue par suite de phénomènes d'hystérésis mécanique pendant un cycle et représentée par l'aire du cycle couple torsion d'amplitude A. Ces trois valeurs sont reliées par les relations

$$K = 1 + \frac{W}{2bA^2} = 1 + \frac{P}{A}$$

(b constante dépendant du pendule de torsion employé).

I. *Influence d'une traction.* — Sous l'action du poids du pendule, le frottement intérieur du fil de suspension subit des variations importantes en fonction du temps. Les résultats sont différents suivant que les pendules employés sont légers ou lourds.

A. *Pour des tractions très inférieures à la limite élastique*, on observe les phénomènes suivants :

a. La courbe $K = f(A)$ qui est d'abord rapidement ascendante se rapproche au bout d'un certain temps d'une droite qui devient elle-même de moins en moins inclinée. Avec des fils d'aluminium à gros cristaux on obtient finalement une droite $K = \text{const.}$

Ainsi les cristaux présentent un cycle d'hystérésis, même pour des déformations très petites et peuvent être le siège de modifications intérieures, sous l'influence d'actions mécaniques.

b. Ces variations de K sont irréversibles : si K a été abaissé par l'action d'une surcharge ajoutée au pendule, il conserve cette valeur après que le pendule a été déchargé. Les variations du frottement interne marquent donc une évolution vers un état intra-cristallin plus stable.

c. Le coefficient K, relatif à une amplitude déterminée A petite, diminue avec le temps, et tend vers une limite d'après une loi exponentielle assez bien vérifiée

$$K - K_\infty = (K_0 - K_\infty)\, e^{-\lambda t},$$

où λ est une constante pour l'amplitude A considérée.

λ est une fonction croissante de A, mais, dans les mêmes conditions expérimentales, semble être indépendant de l'état physique du métal (recuit ou écroui).

On trouve pour $A = 1/20$ rad. avec des fils, $l = 10^{\text{cm}}$, $d = 1^{\text{mm}}$, $t = 15^\circ$:

Fer....... $\lambda = 0{,}02$ Laiton .... $\lambda = 0{,}25$ Al........ $\lambda = 1{,}5$

Ces valeurs de λ augmentent si l'on accroît les tractions en restant cependant en dessous de la limite élastique :

Laiton : Traction t (en kg/cm²)...	1.	2.	5.	8.	10.
λ	0,25	0,27	0,33	0,54	1

La température agit également, même en restant inférieure à celle qui produit un recuit :

A 50°, pour le laiton et $T = 2^{kg}$ .... $\lambda = 0,60$
A 15°, pour le laiton et $T = 2^{kg}$ .... $\lambda = 0,27$

B. *Tractions voisines ou supérieures à la limite élastique.* — La loi de variations de K en fonction du temps n'est plus une exponentielle. Les courbes représentatives peuvent avoir les formes suivantes :

Décroissance initiale rapide avec tendance vers une limite.
Laiton écroui, $T = 20^{kg}$.

t (en heures).....	0.	0,15.	0,40.	9.	27.	168.	216.
K	1,00608	480	433	340	310	243	240

Croissance initiale, avec maximum, diminution vers une limite.
Laiton recuit, $T = 12^{kg}$.

t (en heures).............	0.	2.	5.	24.	48.
K	1,00275	295	260	250	245

Décroissance rapide, puis augmentation croissante. Le fil se rompt généralement au bout d'un temps plus ou moins long si l'accroissement du frottement intérieur augmente.
Laiton écroui, $T = 36^{kg}$.

t (en heures)...	0.	0,20.	4.	8.	11.	Rupture.
K	1,024	1,018	1,017	1,019	1,021	»

On voit nettement dans ces conditions l'effet résultant de deux modifications inverses : une réaction du cristal avec évolution plus ou moins rapide vers un état plus stable caractérisé par un frottement intérieur plus faible et un effet destructeur de l'édifice cristallin sous l'influence de la traction élevée. Les taux différents et de signe contraire de variations du frottement intérieur produisent toutes les variétés des courbes observées.

II. *Influence des tensions internes.* — Elles agissent comme une traction extérieure. Un métal travaillé ayant subi des déformations permanentes faibles par traction ou torsion et abandonné à lui-même accuse une diminution spontanée de son frottement intérieur. La loi de variation est encore

une exponentielle avec un λ de même ordre de grandeur que celui qui caractérise l'évolution du métal sous l'action d'une charge faible. K peut devenir alors inférieur à celui du fil initial.

De cette étude il ressort d'abord que, si l'on veut mesurer le frottement intérieur d'un fil métallique dans un état donné, il faut le soustraire à l'action d'une traction : la méthode correcte est celle du pendule à double fil, dans lequel le fil inférieur est celui à étudier. Les mesures doivent être faites le plus rapidement possible et pour des amplitudes faibles, n'entraînant pas la production de torsions locales supplémentaires.

D'autre part, les variations si rapides du frottement intérieur montrent qu'il peut y avoir dans les métaux, même à la température ordinaire, des modifications importantes dans l'architecture cristalline.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La charge e de l'électron et la matérialisation du photon.* Note [1] de M. **Santiago Antunez de Mayolo**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré [2] que le champ électromagnétique dans le vide s'explique par des forces centrales $F = -KMM/\rho^2$ entre deux masses électriques $\pm M$, définies par la condition énergie $= Mc^2$, et, pour cela, $K_0 = c^2\rho/M$.

Un rayon de lumière est la trajectoire d'un corpuscule formé par les deux masses accouplées en mouvement : l'une, probablement la positive, se déplace en ligne droite avec la vitesse c, tandis que la négative tourne autour de la première, aussi avec la vitesse c, dans un plan perpendiculaire au rayon. La masse en rotation décrit donc une hélice dont la projection sur un plan quelconque passant par l'axe est une sinusoïde, image d'un mouvement ondulatoire selon Huygens et Fresnel. On démontre [3] que ces deux masses accouplées créent dans le plan de rotation les champs E et H' de Maxwell, perpendiculaires entre eux et à la direction du rayon. La longueur d'onde est $\lambda = 2\pi\rho$ et le quantum de Planck $h = 2\pi\rho Mc = \lambda Mc$.

---

(1) Séance du 2 août 1937.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1381 et 201, 1935, p. 1097.

(3) S. Antunez de Mayolo, *The Structure of Light*, Lima, Jan. 1937.

Voici les grandeurs pour le dit *champ électromagnétique* :

	Système E.-S.			Système E.-M.		
Grandeurs.	Symbole.	Formule.	Dimension.	Symbole.	Formule.	Dimension.
Charge........	Q	$Q = c\sqrt{M\rho}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	Q′	$Q' = \sqrt{M\rho}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}$
Champ électr..	E	$E = \frac{c}{\rho}\sqrt{\frac{M}{\rho}}$	$L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	E′	$E' = \frac{c^2}{\rho}\sqrt{\frac{M}{\rho}}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$
C. I. S........	ε	–	0	ε′	$\varepsilon' = \frac{1}{c^2}$	$L^{-2} T^2$
Potentiel......	V	$V = c\sqrt{\frac{M}{\rho}}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	V′	$V' = c^2\sqrt{\frac{M}{\rho}}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$
Perméabilité...	μ	$\mu = \frac{1}{c^2}$	$L^{-2} T^2$	μ′	–	0
Champ magnét.	$\mathcal{H}$	$\mathcal{H} = \frac{c^2}{\rho}\sqrt{\frac{M}{\rho}}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	$\mathcal{H}'$	$\mathcal{H}' = \frac{c}{\rho}\sqrt{\frac{M}{\rho}}$	$L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$
Pôle..........	n	$n = \sqrt{M\rho}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}$	n'	$n' = c\sqrt{M\rho}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$

Les charges $\pm Q$ du photon ont pour valeur $Q = c\sqrt{M\rho}$, et en fonction du quantum h

$$(1) \qquad Q^2 = \frac{hc}{2\pi}.$$

Donc $Q = \sqrt{hc/2\pi} = 5{,}590.10^{-9}$, mesuré en u. e. s., est la même pour tous les photons dans le vide quelles que soient leur masse et leur énergie.

Quand un rayon de lumière traverse la matière, sa fréquence ν ne change pas et les formules structurales des grandeurs électriques et magnétiques du tableau précédent sont aussi valables pour le milieu matériel en fonction des nouveaux paramètres M_ν, ρ_ν et u_ν pour la même fréquence. On déduit ces paramètres par la constance du quantum dans le vide et dans le milieu matériel

$$(2) \qquad h = 2\pi\rho M c = 2\pi\rho_\nu M_\nu u_\nu.$$

On connaît u_ν par l'index n de réfraction et l'on déduit ρ_ν de la relation évidente : $u_\nu = \rho_\nu \times 2\pi/T = 2\pi\nu\rho_\nu$, et alors M_ν est aussi connu. Pour le milieu matériel la formule (1) devient : $Q_\nu^2 = hu_\nu/2\pi$, c'est-à-dire que, cette fois, chaque photon a ses charges particulières dépendant de sa vitesse, et comme $u_\nu < c$, $Q_\nu < Q$, donc il y aura une vitesse u_0 pour laquelle les charges $\pm Q_0$ du photon seront égales à $e = 4{,}77.10^{-10}$ u. e. s., et dans

la matérialisation, l'une correspondra à l'électron et l'autre au positron, par suite $Q_0^2 = e^2 = hu_0/2\pi$.

Comme l'énergie du photon se conserve si le milieu n'est pas conducteur, on a $h\nu = Mc^2 = U_\nu u_\nu^2$. Considérons un photon qui dans le vide possède la même masse que l'électron, soit $M = m_0$; on tire pour la masse M_ν dans le milieu matériel $M_\nu = m_0 c^2/u_0^2$, expression que dans la formule (2) donne, appelant ρ_0 et l les rayons du photon dans le vide et le milieu respectivement,

$$(3) \qquad h = 2\pi\rho_0 m_0 c = \frac{2\pi l m_0 c^2}{u_0}.$$

De cette formule on déduit les relations remarquables que voici :

$$(4) \qquad l = \frac{hu_0}{2\pi} \times \frac{1}{m_0 c^2} = \frac{e^2}{m_0 c^2}.$$

Cette longueur est caractéristique de l'électron ; de même $\rho_0 = h/2\pi m_0 c$ est une longueur caractéristique des radiations et, finalement aussi, on déduit la constante mystérieuse α de structure fine :

$$(5) \qquad \alpha = \frac{l}{\rho_0} = \frac{2\pi e^2}{hc} = \frac{u_0}{c}.$$

On reconnaît alors que la vitesse u_0, pour laquelle $\pm Q_0 = \pm e$, est celle qui possède l'électron dans la première orbite de l'atome de Bohr; cette vitesse u_0 est la vitesse critique du photon qui s'anéantit en corpuscules. Ainsi α est le *facteur de matérialisation :* quotient de deux vitesses remarquables minima et maxima du photon. Il se passe ici quelque chose de pareil à celle de la liquation des gaz : pour ceux-ci il y a une température critique qui, d'après la théorie cinétique, dépend de la vitesse des molécules ; la masse du photon dans la matérialisation joue un rôle analogue à celui de la pression dans la liquation. On voit aussi que, optiquement, α peut être considéré comme l'inverse de l'index n_0 de réfraction dans l'électron; en effet, en général, l'index n se trouve être ([3]) :

$$(6) \qquad \frac{1}{n} = \frac{\rho_\nu}{\rho} = \frac{Q_\nu^2}{Q^2} = \frac{u_\nu}{c},$$

qui pour l'électron devient la formule (5), soit $\alpha = 1/n_0$.

ONDES HERTZIENNES. — *Sur l'ionisation de la partie inférieure de l'ionosphère.* Note de Mme **Irène Mihul** et M. **Constantin Mihul**, transmise par M. Aimé Cotton.

L'étude expérimentale de la réflexion ionosphérique des ondes électriques ayant 100^m environ de longueur d'onde a montré que pour ces ondes les courbes représentant la variation des hauteurs apparentes de réflexion en fonction de λ présentent deux branches distinctes : la branche inférieure E et la branche supérieure F. Aux latitudes moyennes le passage de la branche E à la branche F se fait d'une façon brusque; pour une fréquence donnée, appelée fréquence critique f_E, leurs bouts adjacents tendent vers une hauteur infinie. Dans les régions tropicales les signaux f apparaissent avant que les signaux E aient disparu; dans le domaine de coexistence de deux branches les signaux E faiblissent et les signaux F gagnent en intensité d'une façon continue; le saut vers l'infini manque [1]. En général, dans ce cas, au lieu de passage les hauteurs des deux branches sont plus petites et les longueurs d'onde sont plus courtes.

L'explication courante de ces résultats est que l'ionosphère présente deux couches ionisées réelles. Dans la première E, l'ionisation maximum est de N_E électrons par centimètre cube et dans la seconde F, de $N_F > N_E$. Pour les ondes longues la constante diélectrique du milieu est réduite à zéro et les ondes sont réfléchies dans la couche E. Quand λ décroît, la densité électronique nécessaire pour leur réflexion croît. Pour la longueur d'onde qui nécessite N_E électrons, la réflexion de signaux dans la couche E cesse. Les ondes plus courtes sont réfléchies par la couche F. Cependant cette théorie ne peut pas expliquer l'effet de la latitude décrit tout à l'heure.

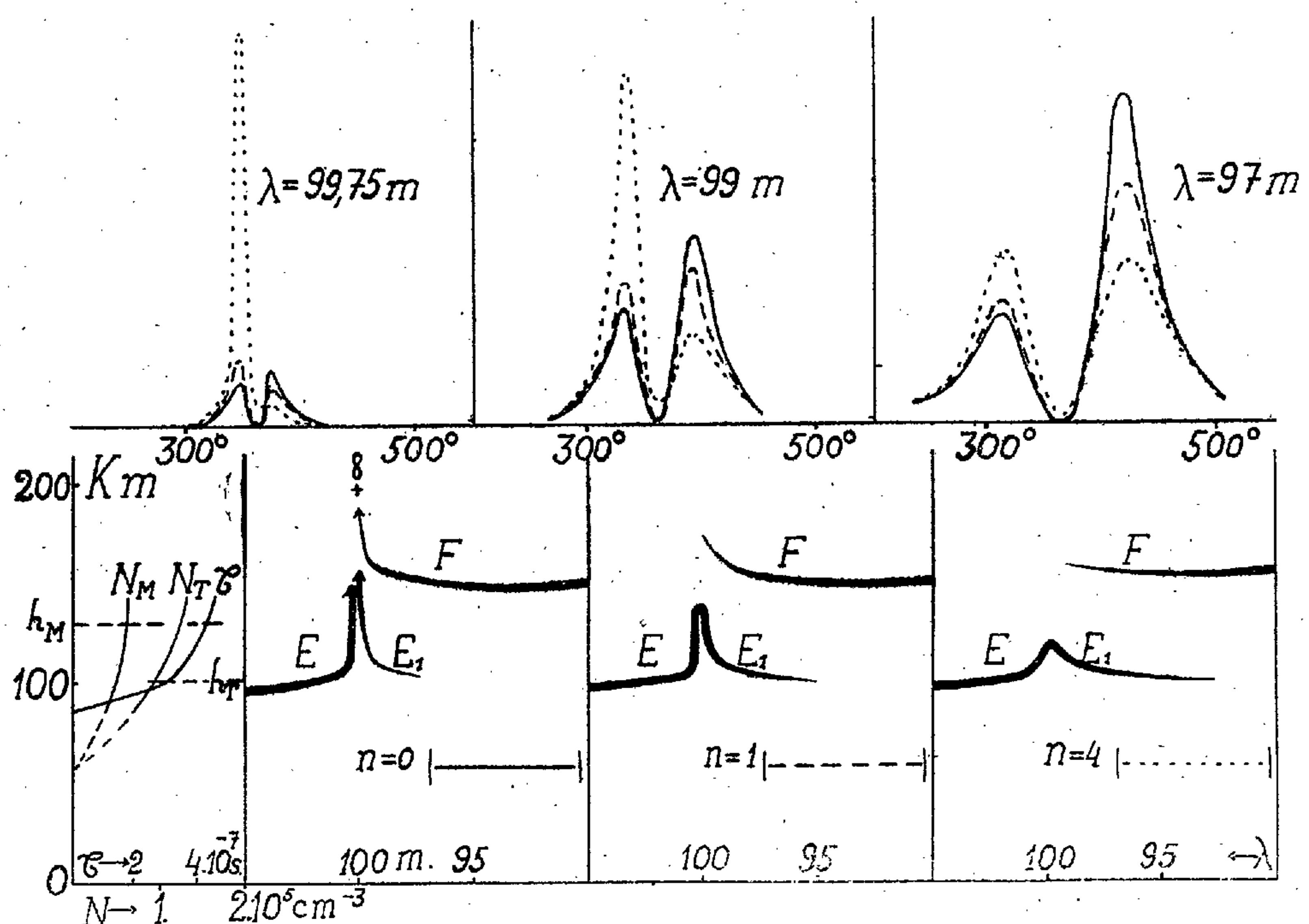
Nous allons proposer ici une explication unitaire des faits constatés, basée sur la considération de l'action ionisante du soleil variable avec la latitude. Soient N_M et N_T les courbes qui représentent l'ionisation aux latitudes moyennes et dans les régions tropicales; soient h_M et h_T les altitudes critiques, les altitudes où sont satisfaites dans ces cas les conditions critiques $\mathfrak{T} = T$ et $Ne^2\lambda^2/\pi mc^2 = 1$ [2]. Puisque $N_M < N_T$ on a $h_M > h_T$. Or, il arrive que les variations de N et de $\mathfrak{T}$ avec l'altitude diffèrent l'une

[1] H. W. Wells, *Terr. Magn. and Atm. El.*, **39**, 1934, p. 209.

[2] Dans le cas de la proportionnalité entre N et $\mathfrak{T}$, ces conditions déterminent les sauts vers l'infini des hauteurs apparentes de réflexion.

de l'autre : tandis que N subit des variations assez régulières, $\mathcal{T}$ éprouve aux environs de 100^{km} d'altitude un accroissement brusque très grand suivi plus haut de variations moins rapides. *Il arrive ainsi que* h_M représente une altitude où N et $\mathcal{T}$ sont proportionnelles entre elles, et h_T une altitude où N croît plus vite que $\mathcal{T}$. Telle est la cause des changements décrits plus haut.

Pour démontrer nos conclusions, nous avons effectué les calculs de coefficient de réflexion et des hauteurs apparentes de réflexion conforme à la théorie de Ionescu et Mihul ([3]). Nous nous sommes imposé une variation



de $\mathcal{T}$ avec l'altitude représentée par la courbe $\mathcal{T}$ et nous avons admis que les ionisations étaient données par la formule

$$\frac{Ne^2}{\pi m} = 2,7.10^{19}\mathcal{T}\varphi_n(\mathcal{T}) = 2,7.10^{19}\mathcal{T}[1 + 1,2.10^4 n(3.10^{-6} - \mathcal{T})] \quad ([4]).$$

Les résultats de nos calculs sont donnés dans la figure. Les courbes d'en

([3]) *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 388.

([4]) Ce choix de l'ionisation est tel que les conditions critiques soient satisfaites pour $\lambda = 100^{\text{m}}$ quel que soit n.

haut représentent pour quelques longueurs d'onde inférieures à 100^m les variations du coefficient de réflexion en fonction de $\omega\mathfrak{T}$. On voit que pour ces ondes il y a deux régions de réflexion : une, $E=1$, pour $\omega\mathfrak{T}<2\bar{u}$, et une autre, $F=1$, pour $\omega\mathfrak{T}>2\bar{u}$. Quand λ décroît l'importance de E_1 diminue et celle de F croît. Pour $n=0$, E_1 devient très vite négligeable par rapport à F. Pour $n=1$ elle devient moins vite négligeable; tout près de $\lambda=100^m$, E_1 est même plus importante que F. Enfin, pour $n=4$ l'importance de E_1 pour des longueurs d'onde voisines de 100^m est encore plus grande et sa disparition est reculée encore davantage. En même temps on constate des changements dans les courbes représentant les hauteurs apparentes de réflexion tracées en bas de notre figure. On y voit que dès que n devient différent de zéro, les branches E et E_1 se raccordent en offrant, au lieu du saut vers l'infini, un maximum dont l'importance décroît quand n croît. Si l'on tient compte du fait que la variation de n est la conséquence de l'accroissement de N, ce qui implique une diminution de l'altitude critique dont nous n'avons pas tenu compte dans nos calculs, il résulte que le maximum perd de son importance encore plus vite, et qu'en même temps la courbe s'abaisse.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude spectrographique des électrons de conductibilité dans des alliages de magnésium et d'aluminium.* Note de M. **Jules Farineau**, transmise par M. Charles Fabry.

A l'aide d'un spectrographe dans le vide à cristal courbé, j'ai photographié les spectres K d'émission du magnésium et de l'aluminium à partir des alliages Al^2Mg^3 et Al^3Mg^2.

Les raies sont les mêmes que dans le cas des métaux purs, sauf pour les bandes β_x, dues au passage des électrons de conductibilité sur les niveaux K des atomes de magnésium et d'aluminium.

Le bord de courte longueur d'onde de ces bandes a même position que dans le cas des métaux purs, mais l'aspect de ces bandes est différent : La largeur qui est de 12,5 pour l'aluminium ([1]) et de 7,5 électron-volts pour le magnésium ([2]) passe, pour les raies des deux alliages, à des valeurs très

([1]) Farineau, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 540.
([2]) Farineau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1108.

voisines et comprises, aussi bien pour les bandes de l'aluminium que pour celles du magnésium, entre 11 et 12 é-volts, l'erreur, venant du pouvoir de résolution de l'appareil et de la très faible intensité des bandes près du bord de courte longueur d'onde, étant de 1,5 é-volt environ.

A l'aide des enregistrements microphotométriques, j'ai tracé les courbes donnant l'intensité émise en fonction de l'énergie E des rayons X émis. Pour un même alliage, ces courbes, tracées à partir de la bande du magnésium ou de l'aluminium, sont superposables aux erreurs expérimentales près : l'intensité croît à partir du bord de grande longueur d'onde, à peu près proportionnellement à $(E-E_0)^{\frac{3}{2}}$ (E_0 étant l'énergie du bord de grande longueur d'onde), puis tombe brusquement à zéro après avoir passé par un maximum très voisin du bord de courte longueur d'onde.

Dans le cas de Al^2Mg^3, on trouve sur les courbes une légère ondulation, probablement due à une zone de Brillouin aux environs du milieu de la bande. Cette ondulation est beaucoup moins nette sur les bandes de Al^3Mg^2.

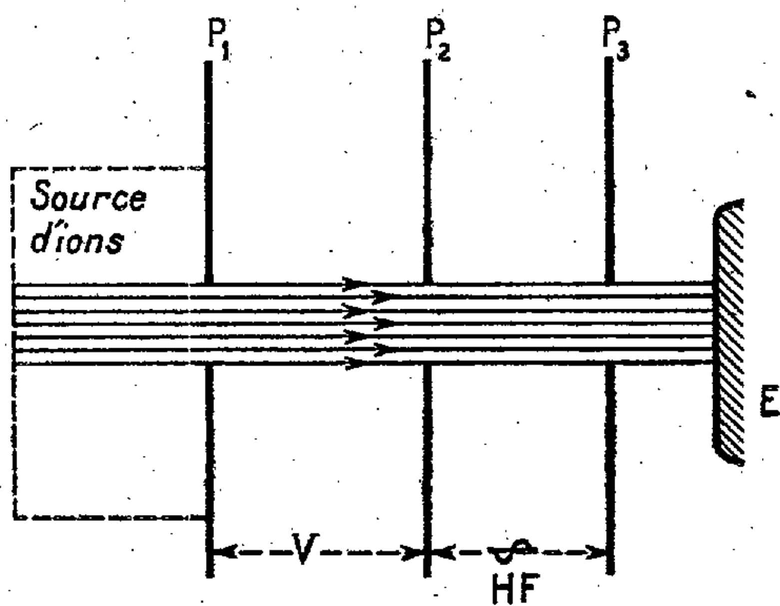
On sait que, dans de tels alliages, les atomes de magnésium et d'aluminium mettent en commun leurs électrons de valence (2 pour Mg et 3 pour Al). Si l'on admet que tous ces électrons peuvent tomber sur un niveau K, soit d'un ion aluminium, soit d'un ion magnésium, l'intensité de la raie sera dans les deux cas $I = f(E-E_0) \times n(E-E_0)$; f, qui est la probabilité de passage, est très sensiblement la même dans les deux cas, et $n(E-E_0)$, qui est le nombre d'électrons d'énergie cinétique $E-E_0$, est évidemment indépendant de la raie émise. La répartition de l'intensité doit donc être la même, dans un même alliage, pour les raies du magnésium ou de l'aluminium. C'est bien ce que vérifie l'expérience. Si l'on admet que les électrons de conductibilité obéissent à la statistique de Fermi, on trouve que la largeur des raies devrait être 9,4 volts et 9 volts pour Al^3Mg^2 et Al^2Mg^3, nombres un peu inférieurs aux nombres expérimentaux.

En résumé, cette étude montre que dans les alliages utilisés les atomes de magnésium et d'aluminium mettent en commun leurs électrons de valence, et que ces électrons peuvent tomber indifféremment sur un ion aluminium ou magnésium pour émettre une bande X.

ATOMISTIQUE. — *Nouvelle méthode de séparation des isotopes.* Note [1] de MM. **Jean Bernamont** et **Michel Magat**, présentée par M. Paul Langevin.

La plupart des méthodes utilisées jusqu'à ce jour pour séparer les isotopes ont l'inconvénient de posséder un rendement d'autant plus faible que le pouvoir séparateur de l'instrument est plus grand; la quantité de matière séparée se trouve très réduite lorsque la masse atomique est un peu grande. Dans la méthode que nous proposons, au contraire, les qualités de rendement et de pouvoir séparateur sont absolument indépendantes. On peut donc espérer séparer des isotopes de masses atomiques élevées et obtenir cependant une production importante.

Un faisceau intense d'ions positifs, produits à bas potentiel, est accéléré sous une différence de potentiel continue V et envoyé entre deux plateaux P_2, P_3 (voir la figure) entre lesquels est établie une différence de potentiel



alternative de haute fréquence dans le sens de parcours des ions. Supposons d'abord le faisceau d'ions monocinétique : lorsque le temps de parcours entre les deux plateaux P_2 et P_3 est un multiple de la période de la tension H. F., la vitesse de sortie du faisceau est exactement la même que la vitesse d'entrée. Lorsque, au contraire, la vitesse est un peu différente, certaines particules sont retardées, tandis que d'autres sont accélérées, suivant la phase de la tension H. F. au moment où elles se présentent dans le champ. Soit donc un faisceau composé de deux sortes d'ions de masse légèrement

---

[1] Séance du 26 juillet 1937.

différente. Si l'énergie à l'entrée du champ est la même pour toutes les particules, les vitesses sont entre elles dans le rapport inverse des racines carrées des masses. Le temps moyen de parcours entre les deux plateaux n'est pas le même. Si l'on accorde la fréquence pour une espèce de particules, de manière qu'elles sortent toutes à la vitesse d'entrée, l'autre espèce de particules sera pour la moitié accélérée et pour la moitié retardée. Il suffira de mettre à la sortie une électrode E à un potentiel négatif inférieur en valeur absolue au potentiel V pour ne recueillir que les particules de cette deuxième sorte qui ont été accélérées.

Le calcul montre que les tensions et la fréquence à utiliser sont d'un ordre de grandeur tout à fait réalisable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les nouvelles transformations produites à basse température (frigadréactions)* (1). Note de MM. **André Debierne** et **Ladislas Goldstein**, présentée par M. Paul Langevin.

L'un de nous a montré (2) qu'à la température de l'azote liquide il se produit une vive réaction entre l'hydrogène ou l'hélium et le charbon lorsque celui-ci a été préalablement complètement privé de gaz. Cette réaction donne lieu à un effet thermique intense dont l'énergie, rapportée à la masse du gaz introduit, doit atteindre au minimum plusieurs centaines de millions de calories par molécule-gramme. Il a montré que l'hypothèse qu'on se trouvait en présence de transformations nucléaires était vraisemblable, et il a désigné provisoirement ces réactions sous le nom de *frigadréactions*.

Nous avons essayé d'augmenter le nombre de ces réactions spéciales en opérant avec d'autres substances que le charbon.

(1) *N. D. L. R.* — Nous reproduisons ici le début de la Note de MM. André Debierne et Ladislas Goldstein parue le 2 août, n° 5, page 321, qui, par suite d'une erreur de mise en pages, n'a pas été inséré.

(2) André Debierne, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 141.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Mesure du domaine angulaire de réflexion des rayons X dans les substances polycristallines par une nouvelle méthode statistique*. Note (¹) de M. **Alfréd Reis**, présentée par M. Paul Langevin.

Par son domaine angulaire de réflexion, on distingue un cristal parfait d'un cristal en mosaïque. On sait que les cristaux parfaits sont rares, et que des états de perfection intermédiaires existent.

Il serait très intéressant de connaître le degré de perfection des cristallites dans les substances cristallines, mais celles-ci ne se prêtent pas aux méthodes d'examen, utilisées pour les cristaux uniques.

Nous décrivons ici le principe d'une nouvelle méthode statistique pour la mesure du domaine angulaire de réflexion dans les substances polycristallines.

La substance à examiner S (*fig.* 1) est montée et bien centrée sur l'axe

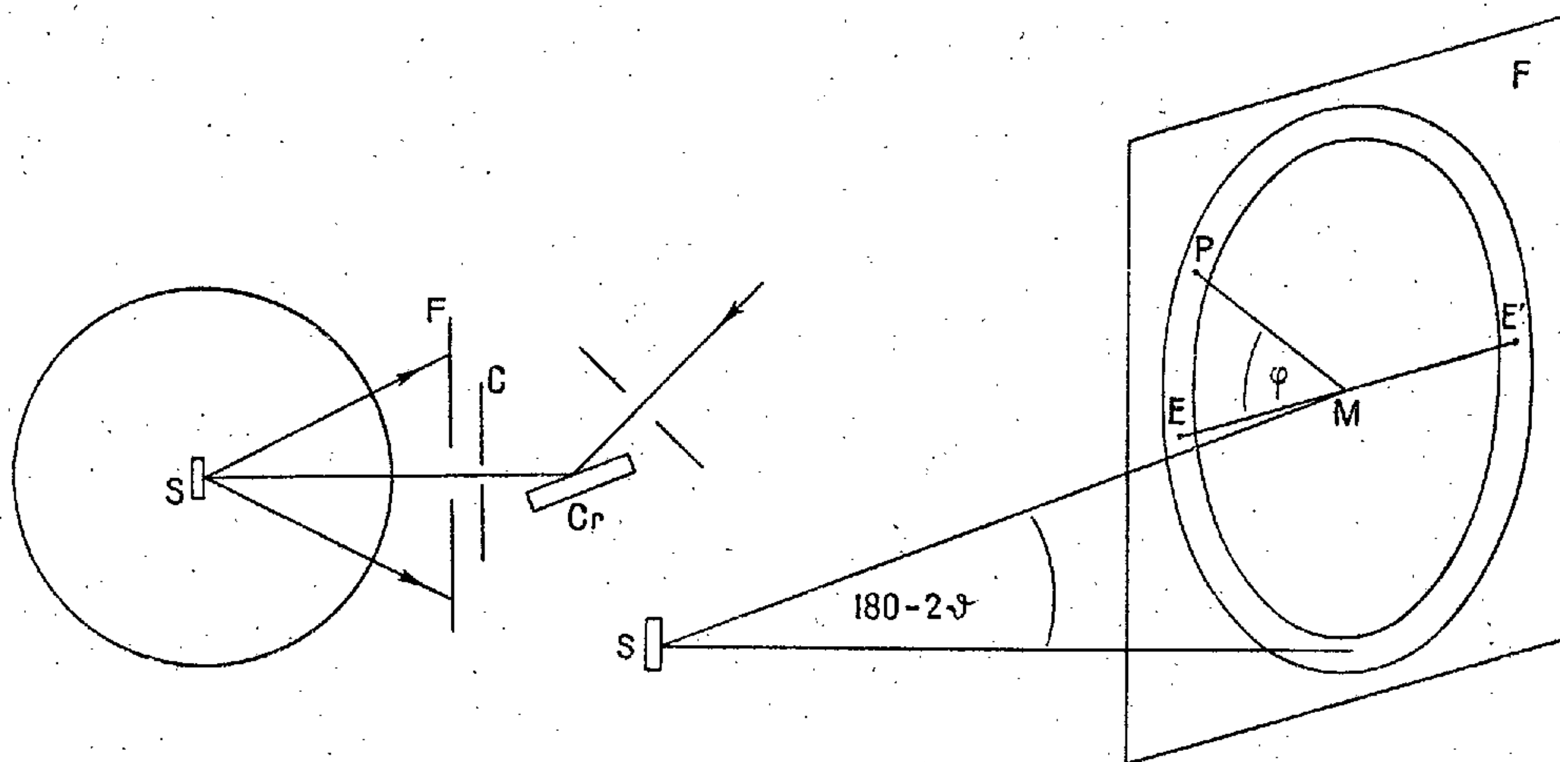


Fig. 1. Fig. 2.

rotatif d'un spectromètre permettant de réaliser des variations d'orientation très petites et bien définies. Le rayon primaire, avant de frapper S, subit une réflexion sur un cristal très parfait Cr et passe par un collimateur C qui délimite la section de la substance, illuminée par les rayons X. On s'arrange pour isoler dans les raies Debye-Scherrer (qu'on photographie sur un film F plan ou cylindrique) les taches individuelles des cristallites.

(¹) Séance du 26 juillet 1937.

Sans connaître le nombre des cristallites illuminés, on peut déterminer le domaine angulaire de réflexion à l'aide de la statistique des taches. Entre deux poses qu'on exécute sur le même film, on fait légèrement varier l'orientation de l'axe. Soit ω l'angle qui sépare les deux orientations. Nous allons considérer l'effet du changement d'orientation ω sur le nombre des taches d'une raie, et ceci d'abord dans la région équatoriale E ou E' (*fig.* 2), c'est-à-dire pour les cristallites dont le plan réfléchissant est parallèle à l'axe du spectromètre.

Si ω dépasse largement le domaine angulaire de réflexion δ, les deux domaines angulaires de réflexion ne se superposeront pas, et le nombre N des taches après double exposition sera le double du nombre N_0 des taches après exposition simple.

Si, au contraire, le changement d'orientation ω est très inférieur à δ, la double exposition aura seulement l'effet d'une exposition simple, mais de double durée. Dans ce cas, l'augmentation des taches sera faible.

En faisant varier, dans une série d'expériences, le changement d'orientation ω, on peut établir N/N_0 en fonction de ω. On trouvera une courbe dont l'allure est représentée sur la figure 3. L'angle correspondant au point d'inflexion donne la mesure du domaine angulaire moyen de réflexion.

Il est facile de généraliser ce que nous venons d'exposer pour la zone équatoriale, à un point quelconque P (*fig.* 2), dont l'azimut soit φ. Le changement d'orientation de l'axe ω fait augmenter ou diminuer de $\omega \cos \varphi$ l'angle d'incidence du rayon primaire vis-à-vis du plan réfléchissant.

Dans les figures 1 et 2, nous avons représenté le cas des rayons *rétrogrades*, c'est-à-dire diffractés à des angles 2ϑ dépassant 130°. Les considérations restent les mêmes quelle que soit la valeur de ϑ.

En principe, on peut réaliser notre méthode par un autre dispositif, ne comprenant ni cristal parfait, ni spectromètre de précision : la substance, immobile, est illuminée par un faisceau de rayons X convergent, dans lequel on isole, par une fente verticale, un secteur étroit. En déplaçant la fente horizontalement par une vis micrométrique, on réalise, entre les deux poses, le changement d'orientation du faisceau vis-à-vis de la substance. Ce mode d'observation exige dans le tube émetteur un foyer homogène et assez grand pour éclairer la fente dans ses positions successives.

Le déplacement d et la distance D entre la fente et la substance définis-

sent le changement d'orientation $\omega = d/D$ (mesuré en radian). Naturellement, la largeur de la fente ne doit jamais dépasser le déplacement d; de ce fait, on se trouve pratiquement limité du côté des petits déplacements.

Le nombre d'expositions successives sur un film n'est pas obligatoire-

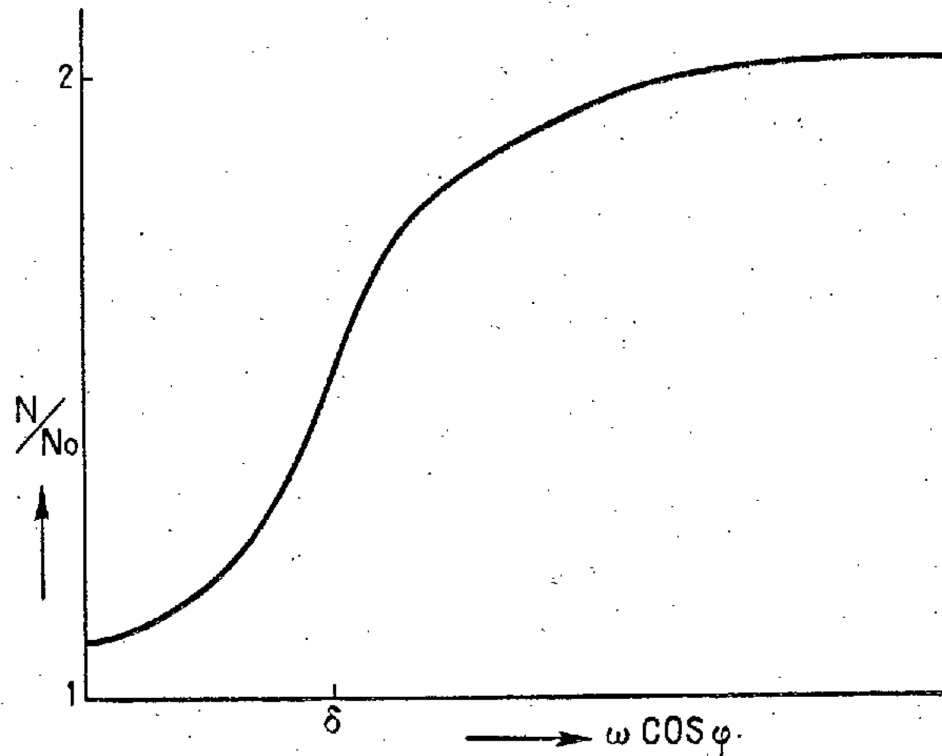


Fig. 3.

ment limité à deux. On peut réaliser trois ou plusieurs poses sur le même cliché, en appliquant, entre deux poses successives, des changements d'orientation, soit égales (pour agrandir les variations de N/N_0), soit inégales (pour repérer δ plus vite).

Nous sommes occupé à réaliser la mesure du domaine angulaire de réflexion dans les substances polycristallines par cette nouvelle méthode statistique et à la combiner avec la mesure des intensités de réflexion.

MÉTÉOROLOGIE. — *Vérification expérimentale indirecte de la croissance logarithmique de la vitesse du vent à partir du sol.* Note (¹) de M. **Jacques Gilbert**, transmise par M. Charles Fabry.

La théorie indique qu'au voisinage du sol la vitesse du vent croît, en moyenne, avec l'altitude z, selon la loi logarithmique

$$v = a + b \log z. \qquad (1)$$

(¹) Séance du 2 août 1937.

D'autre part la quantité de givre dP formée au bout d'un certain temps (de l'ordre de 1 heure à 24 heures) sur un élément dz d'une tige verticale exposée au vent est proportionnelle au flux de la vitesse à travers cet élément, et on peut l'écrire

$$dP = Kv\,dz, \tag{2}$$

v représentant la *vitesse moyenne* du vent au point considéré pendant la durée de l'exposition, et le facteur K étant une fonction des autres variables qui conditionnent le givrage.

Or, dans le cas d'une tige verticale, ces variables ont très sensiblement la même *valeur moyenne* le long de la tige : le gradient de température est, en effet, même au voisinage du sol, très faible dans le brouillard, et les différences de température moyenne sur des hauteurs telles que celles qui interviennent ici (de 2^m au maximum) sont insignifiantes; le contenu en eau condensée m peut être également considéré comme le même à toutes les hauteurs près du sol, sauf peut-être dans une couche limite très mince au voisinage de celui-ci, effet négligeable à l'échelle où l'on se place; il en est de même de la grosseur des gouttelettes; enfin la turbulence, qui peut influer sur la formation du givre, varie comme la vitesse.

On peut donc dire à bon droit que le facteur K est indépendant de l'altitude, et que, par conséquent, la quantité de givre formé en un point de la tige étant proportionnelle à la vitesse moyenne v du vent en ce point, cette quantité suit, le long de la tige, la même loi que la vitesse, c'est-à-dire doit croître comme le logarithme de la hauteur au-dessus du sol. C'est, effectivement, l'aspect logarithmique de la courbe enveloppant les extrémités des aiguilles de givre ayant pris naissance sur certaines balises particulièrement bien exposées, jalonnant la route de l'Observatoire du Mont-Ventoux, qui a suscité cette vérification.

Les mesures par pesées n'étant pas possibles, en raison de la distance séparant l'Observatoire des balises en question, on s'est contenté de mesurer la longueur de givre à différentes hauteurs : ces mesures ont été effectuées sur plusieurs balises au voisinage du Col des Tempêtes les 29 et 30 janvier, 28 février et 5 mars 1937. Les courbes obtenues en portant en abscisses $\log z$ et en ordonnées la longueur l de givre formé sont bien des droites.

Il est bien certain que la pesée de la quantité de givre formé sur les différents tronçons d'un fil vertical donnerait des résultats plus concluants

(elle intègre en quelque sorte les mesures linéaires précédentes et élimine l'erreur qui, dans celles-ci, peut provenir de la rotation du vent).

Une telle pesée a été possible à deux reprises, en fractionnant le givre recueilli d'un bloc sur l'un des fils de cuivre utilisés à l'Observatoire pour les mesures horaires de givrage : ce fil était exposé verticalement en travers d'une échelle à montants horizontaux et plan vertical, disposée à quelques décimètres au-dessus du sol.

Les relations (1) et (2), en éliminant v et intégrant, font connaître le poids P de givre déposé depuis la hauteur *zéro* jusqu'à la hauteur z. La relation ainsi trouvée peut s'écrire

$$\frac{P}{z} = \alpha + \beta \log z,$$

α et β étant deux constantes. La courbe en $\log z$ et P/z doit être une droite. Les mesures vérifient très exactement cette conclusion.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences sur le rôle du complexe tube digestif + tissus mésodermiques non cutanés, dans la régénération de la tête chez les Lombrics.* Note [1] de M. **Marcel Avel**, transmise par M. Maurice Caullery.

En vue d'une étude analytique des facteurs de la régénération de la tête chez les Lombriciens, j'ai étudié [2] le rôle, dans ce phénomène, du système nerveux et du tégument (peau et muscles pariétaux). J'apporte ici le résultat d'expériences qui complètent la série précédente et fournissent des données sur le rôle, dans la régénération de la tête, des tissus qui ne sont ni le système nerveux, ni le tégument, c'est-à-dire du complexe tube digestif + tissus mésodermiques non cutanés (dissépiments, revêtement péritonéal, néphridies, etc.).

Ces derniers tissus ne sont pas viables seuls. On ne peut donc les mettre à l'épreuve qu'en combinant une série d'expériences. J'ai tiré parti pour cela de l'absence de pouvoir régénérateur dans la région moyenne du corps des Lombrics. On sait que, chez ces animaux, le pouvoir de régénérer une tête est localisé à la région antérieure du corps. A partir du 15e segment, en

---

(1) Séance du 2 août 1937.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 78; **194**, 1932, p. 2166 et 2334.

se dirigeant vers l'arrière, il est vestigial. Il est nul du 20e au 35e ou 40e segment environ. Pour abréger, j'appellerai *région neutre* cette dernière zone, qui ne fournit pas de régénérat par elle-même. Mes expériences ont été exécutées sur deux espèces voisines : *Eisenia fœtida* (Sav.) et *Eisenia sp.*

a. J'ai remplacé le tégument dorsal (jusqu'aux soies latérales) d'une dizaine de segments de la région neutre par le tégument dorsal de 8 ou 9 segments (4e au 12e, ou 5e au 13e) de la région antérieure. Cette expérience a été réussie sur 22 vers (sur 23 opérés). Après guérison, les animaux ont été sectionnés dans la région de la greffe et le fragment postérieur conservé vivant avec soin pour l'étude du pouvoir régénérateur de sa blessure. Cette surface d'amputation était complexe : le tégument dorsal, greffé, provenait de la région antérieure; tous les autres tissus, restés en place, appartenaient à la région neutre.

b. A cette expérience s'oppose la suivante. J'ai enlevé, dans la région antérieure (du 5e au 12e segment) le tégument ventral (jusqu'aux soies latérales) avec la chaîne nerveuse susjacente, et les ai remplacés par les organes correspondants de la région neutre (du 25e au 36e segment); puis j'ai amputé les sujets, guéris, des 6 ou 7 premiers segments. La surface d'amputation comprenait : le tégument ventral et la chaîne nerveuse de la région neutre; tous les autres constituants appartenaient à la région antérieure. Comparés aux animaux de l'expérience précédente (série *a*), les sujets de la série *b* possédaient donc, sur leur surface d'amputation, le même complexe tégumentaire et le même système nerveux. Par contre, les autres organes (tube digestif et organes mésodermiques non tégumentaires) appartenaient à la région neutre dans l'expérience *a*, et au contraire à la région antérieure dans l'expérience *b*.

Or, les résultats de ces deux séries d'expériences sont très différents. Dans l'expérience *a*, sur 22 sujets, 16 n'ont rien régénéré, ou seulement de minuscules formations anormales. Dans les 6 autres, est apparu un régénérat de tête, mais très tardif, très long à croître et à se différencier. Aucun n'a atteint une taille ni une morphologie entièrement normales. Un seul possédait à la fois une bouche, un cerveau et un collier périœsophagien.

Au contraire, dans l'expérience *b*, la *totalité* des 13 vers guéris et correctement amputés a régénéré une tête normalement constituée, munie notamment d'un tube digestif complet, d'un cerveau et d'un collier périœsophagien. Toutefois, la régénération de ces animaux *b*, comparée à celle de témoins amputés de leur tête au même niveau, mais n'ayant subi aucune modification préalable, s'est montrée beaucoup plus lente, tout en étant beaucoup plus rapide que celle des rares régénérats de la série *a*.

Par conséquent, le complexe tube digestif + organes mésodermiques non tégumentaires joue un rôle nullement négligeable dans la régénération

de la tête des Lombrics. Il semble intervenir d'une manière plus *quantitative* que qualitative.

Dans quelle mesure ces tissus sont-ils indispensables à la régénération d'une tête? J'ai montré (*loc. cit.*) qu'on pouvait obtenir la régénération d'une tête en l'absence certaine, vérifiée histologiquement, du tube digestif, par exemple en déviant dans une cicatrice tégumentaire latérale la chaîne nerveuse sectionnée. Mais, dans ce cas au moins, le régénérat, de morphologie externe normale, est dépourvu de tube digestif et possède uniquement une courte invagination buccale, d'origine ectodermique.

En résumé, le revêtement endodermique du tube digestif semble nécessaire à la régénération du tube digestif, sauf de la cavité buccale. Le reste du complexe tube digestif + tissus mésodermiques non tégumentaires (dissépiments, revêtement péritonéal, etc.), n'est pas indispensable, mais joue néanmoins, s'il est présent, un rôle notable dans la régénération de la tête des Lombrics, surtout en augmentant la vitesse du phénomène.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action masculinisante du propionate de testostérone dans la différenciation du sexe, chez* Rana temporaria *L.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

De nombreuses expériences ont démontré la labilité de la différenciation du sexe chez les Amphibiens. La surmaturité des œufs, l'action de températures extrêmes, celle de gonades antagonistes dans les cas de parabiose, peuvent plus ou moins altérer, ou même inverser le sexe génétique d'une gonade. On sait encore que, dans plusieurs espèces et notamment chez *Rana temporaria* L., il existe des races dites indifférenciées, où tous les individus passent initialement par un stade femelle.

Ces considérations m'ont amené à l'idée que les Batraciens constituaient un matériel particulièrement favorable pour étudier l'action des hormones sexuelles, mâles et femelles, dans la différenciation du sexe.

L'une des premières expériences réalisées, et dont je me borne ici à rapporter les résultats essentiels, a été la suivante : j'ai recueilli le 11 avril, la ponte fraîche d'un couple de grenouilles provenant de Hennezel (Vosges). Depuis le 14, la ponte dont l'éclosion a eu lieu le 18, et les larves ont été maintenues à la température moyenne de 20°. Plusieurs lots ont été faits dans cette ponte. Nous en retiendrons deux. L'un de 40 têtards a servi de témoin. L'autre de 50 têtards a reçu du propionate de testo-

stérone. J'ai utilisé une solution huileuse de cette hormone dosée à 5^{mg} pour 1^{cm^3}. Les conditions d'élevage ont été identiques pour les deux lots.

Les têtards du second lot ont reçu une première injection le 20 avril, à l'âge de 10 jours. Ils mesuraient alors 12^{mm} à $12^{mm},5$; les branchies externes étaient en grande partie résorbées, la cavité branchiale en voie de fermeture. A seize jours, une grande partie de la gouttelette injectée est résorbée et une nouvelle injection est faite. A vingt-deux jours, cette opération est renouvelée. La métamorphose des têtards témoins commence le 22 mai (queue totalement régressée) et se termine le 5 juin; celle du lot d'expérience dure du 24 mai au 8 juin. A l'autopsie, j'ai constaté que tous les animaux traités contenaient encore des traces de l'huile injectée (fine émulsion ou petites gouttelettes). Par conséquent, l'action de l'hormone mâle a duré depuis le dixième jour de la vie larvaire, où la gonade est encore indifférenciée, jusqu'à la fin de la métamorphose.

Au cours des trois injections, $3/10^e$ de centimètre cube de la solution huileuse de testostérone ont été utilisés, dont $2/10^e$, soit 10^{mg} d'hormone mâle, ont été réellement injectés. Chaque têtard a donc reçu $0^{mg},2$ d'hormone mâle; ce chiffre devant être entendu comme l'indication d'un ordre de grandeur et non comme une valeur absolue.

Dans cette expérience, huit têtards ont été sacrifiés à différents stades, et huit sont morts (la plupart à la suite d'une lésion produite lors de l'injection); trente-quatre animaux ont donc été finalement étudiés. Cette étude a donné les résultats suivants :

I. *Lot témoin.* — Tous les individus examinés ont deux gonades bien développées. Elles ont la forme d'une bandelette dépourvue de pigment, un peu aplatie, assez large sur toute sa longueur. Celle-ci est moyenne de $1^{mm},3$ à $1^{mm},4$, avec des dimensions extrêmes de $1^{mm},1$ à $1^{mm},7$. Les corps jaunes sont normaux; celui de gauche étant plus petit que celui de droite.

Les coupes montrent que ces gonades sont des ovaires : les cordons médullaires, peu développés, sont creusés de sacs ovariens, les éléments sexuels se présentent à différents stades : phases préméiotiques, auxocytes dont la taille est déjà considérable. Je n'ai pas rencontré de glande ayant les caractères d'un testicule. J'ai donc opéré sur une race indifférenciée, où, à la métamorphose, tous les individus sont femelles.

II. *Lot traité par l'hormone mâle.* — Dès l'autopsie, plusieurs différences avec le lot témoin sautent aux yeux. Dans l'ensemble, le corps jaune, toujours plus développé à gauche, est considérablement hypertrophié. Ce fait décèle l'action du produit injecté. C'est le solvant qui provoque cette

hypertrophie, comme me l'a montré l'examen de têtards traités avec de l'huile vierge et dont le corps jaune était également hypertrophié. L'hormone injectée a donc bien dû passer dans le métabolisme du têtard avec le solvant qui en était le support. La taille et la forme des gonades sont aussi remarquables. Elles n'ont plus l'aspect de bandelettes plus ou moins aplaties, mais de fuseaux épais au centre, pointus aux extrémités, assez fortement pigmentés et dont la longeur moyenne oscille entre $0^{mm},6$ et $0^{mm},7$. La longueur est donc la moitié de celle des témoins. Six gonades seulement mesuraient de 1^{mm} à $1^{mm},2$.

Les coupes ont révélé que les glandes génitales des animaux traités avaient les caractères histologiques de testicules. Les cordons médullaires épais s'insinuent, et se ramifient profondément dans la glande; aucune cavité ovarienne n'est visible.

Les cellules germinales, qui ne montrent pas de processus préréductionnel, ont envahi toute la gonade et leur masse est plus ou moins découpée, suivant les cas, par les cellules de la médulla, sans toutefois que la colonisation soit terminée. Une description et une analyse plus détaillée des différents cas, la recherche de traces d'intersexualité doivent naturellement être faites.

Il importe actuellement de constater que, sous l'action du propionate de testostérone, la différenciation ovarienne dans une race indifférenciée de *Rana temporaria* a été inhibée et a fait place à une différenciation testiculaire chez tous les individus traités. Comme l'examen porte sur 34 individus, on peut penser que, non seulement les individus génétiquement mâles n'ont pas passé au moment de la métamorphose par une phase femelle, mais encore que les individus génétiquement femelles ont été inversés dans le sens mâle.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la régression du papillo-épithéliome du lapin (tumeur de Shope) sous l'action de la colchicine.* Note (¹) de MM. **Albert Peyron**, **Bernard Lafay** et **Guy Poumeau-Delille**, transmise par M. Louis Martin.

On sait que la colchicine exerce sur les mitoses des tissus normaux une action inhibitrice, mais on n'avait pu jusqu'ici provoquer la régression complète des tumeurs spontanées ou greffées.

Nous venons d'obtenir, chez le lapin, la stérilisation de la tumeur cutanée de Shope, dont l'évolution normale se poursuit pendant 5 à 10 mois et parfois même 12 à 15 avant d'entraîner la mort.

La colchicine a été appliquée d'une façon différente dans trois séries d'animaux.

I. La première série comprend 12 témoins et 15 traités par des injections sous-cutanées tri-hebdomadaires dont le nombre a varié de 7 à 10.

La solution utilisée renferme 1^{mg} de colchicine par centimètre cube; les injections sont faites à des doses croissantes de 1^{cm^3} puis à $1^{cm^3},5$, de sorte que chaque animal reçoit une dose totale de 12^{mg} à 15^{mg}.

Les témoins, à l'exception d'un cas de régression spontanée, ont présenté l'évolution habituelle suivie de mort. Les animaux traités étaient porteurs de tumeurs d'âges divers (1 à 4 mois), qui ont uniformément disparu au bout de 3 à 5 semaines. Ils sont désormais immunisés et rebelles à une nouvelle inoculation. Cette régression est à rapprocher de celle qu'on obtient dans ce même papillome de Shope, à l'aide des rayons X, ainsi que dans le sarcome de la poule (rayons X et radium). La colchicine apporte ainsi le premier exemple d'un alcaloïde paraissant déterminer, par un mécanisme purement cellulaire, la résorption d'une tumeur d'origine infectieuse (virus) sans agir directement sur son agent pathogène.

Afin d'éviter ou de réduire les accidents toxiques (amaigrissement, diarrhée), nous avons, dans les deux séries suivantes, simplement badigeonné la tumeur à l'aide d'une solution aqueuse de colcichine au 1/100e, en appliquant ensuite, et chaque fois, une pommade de concentration variable (colchicine à 1/20e, 1/50e, 1/100e).

II. La deuxième série comprenait 4 animaux porteurs d'une tumeur

(¹) Séance du 2 août 1937

unilatérale. La régression fut troublée par des accidents (intoxication, nécrose avec ulcération) qui nous ont confirmé l'absorption de la colchicine par l'épiderme.

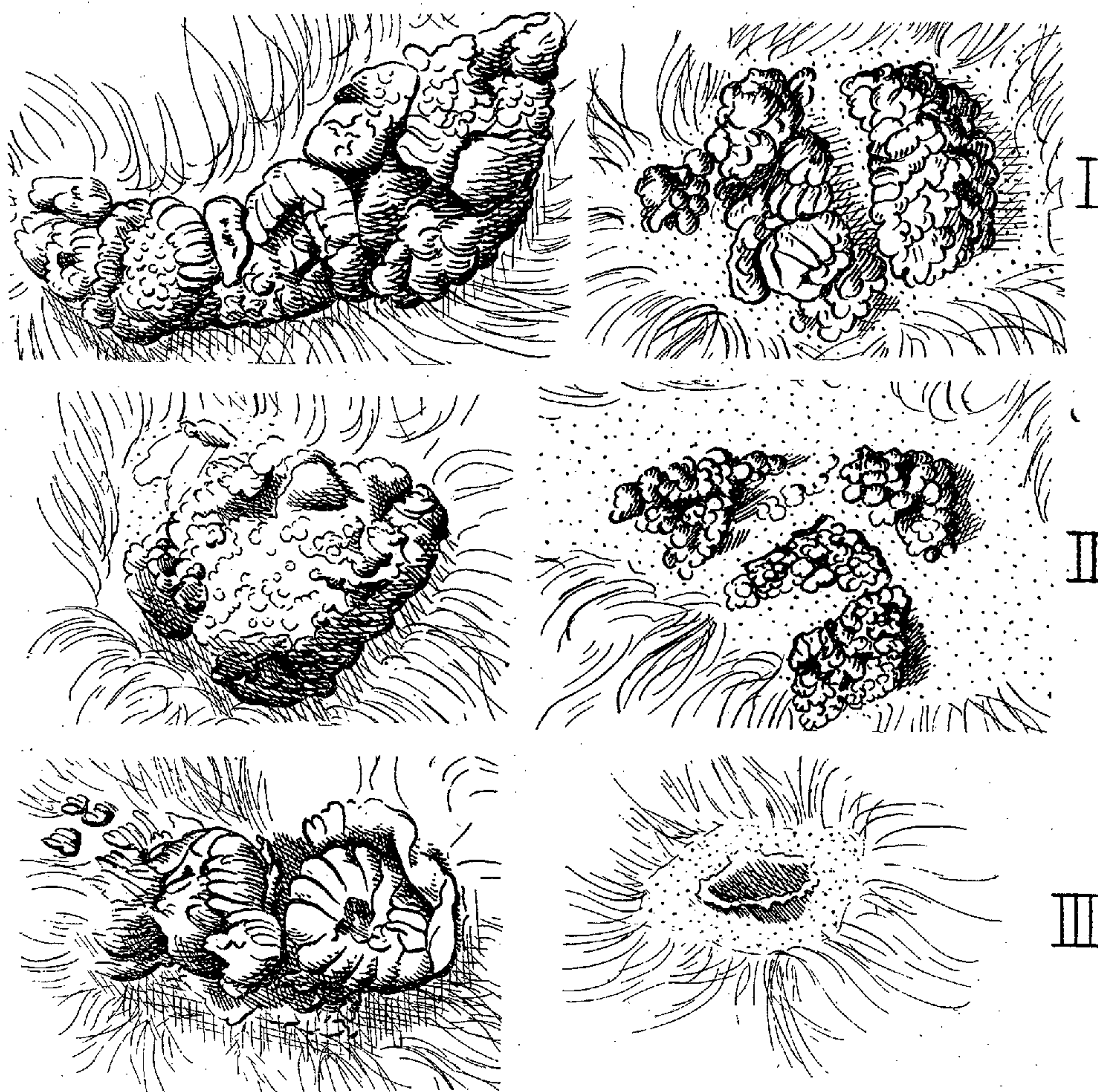


Figure montrant chez 3 animaux de la série 3 la régression de la tumeur après traitement local (à droite) par comparaison avec le côté non traité (à gauche).
I, 101 jours après l'inoculation. La tumeur au 40ᵉ jour d'un traitement discontinu est réduite à deux lobes distincts que circonscrit et sépare une zone dans laquelle les poils ont disparu; II, 170 jours après l'inoculation, 104 jours de traitement discontinu, papillome affaissé et atrophique divisé en trois lobes également entourés d'une zone glabre; III, 101 jours après l'inoculation, 40 jours de traitement continu, régression presque complète.

Nous avons donc renoncé à utiliser d'emblée la pommade au 1/20ᵉ, et nous employons d'abord la pommade au 1/50ᵉ qui permet l'accoutumance.

III. Dans la troisième série, afin d'éliminer l'objection d'une simple

régression spontanée, nous avons utilisé des animaux présentant sur les deux flancs des tumeurs symétriques résultant d'une double inoculation faite le même jour. Seule, la tumeur soumise au traitement local a une régression régulière et rapide; celle du côté opposé continue parfois son accroissement, mais présente ordinairement un état stationnaire ou une régression beaucoup plus lente. Sur 19 de ces lapins, 8 moururent avant que la régression du côté traité fût complète, à la suite d'infections secondaires ou d'une intoxication avec ulcération, comme dans la série II. Chez les 11 survivants la régression du côté badigeonné est très avancée ou complète; pour cette dernière, 6 à 8 semaines suffisent si le traitement tri-hebdomadaire a été continu.

En résumé, nos observations établissent que l'action de la colchicine s'exerce aussi bien en applications locales qu'en injections. Nos résultats sont beaucoup plus favorables que ceux obtenus par divers auteurs chez la souris (tumeurs spontanées ou greffées). Cette différence est vraisemblablement liée à l'évolution trop rapide de ces dernières qui ne permet pas à la colchicine d'exercer assez longtemps son action et aussi à leur malignité plus marquée. En effet, la tumeur du lapin, sans être vraiment bénigne, n'avait pas encore pris, à la période où nous la traitions, les caractères malins de l'épithélioma, ces derniers n'apparaissant que d'une façon inconstante et très tardive, dans son évolution normale.

La séance est levée à 15h25m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 18 AOUT 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

CORRESPONDANCE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de *Filature et Tissage* vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Structure d'ordre des séries statistiques du type exponentiel.* Note (1) de M. **MARTIN FERBER**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Dans l'étude des séries statistiques quelconques, on se pose ordinairement le problème de savoir si les fréquences observées correspondent à la distribution théorique présumée. Mais on peut se demander également si la suite des grandeurs observées est complètement désordonnée ou, au contraire, manifeste des séquences régulièrement ordonnées (2). Pour traiter cette seconde question, qui a des points de contact avec le problème de la contagion de probabilité, on a recours à des *sélections déterminées* parmi les grandeurs observées, sélections dont la nature sera variable selon les problèmes posés.

Je me propose de montrer que déjà, dans toute distribution théorique, la densité de probabilité $f(x)dx$ suffit à déterminer implicitement un certain type d'ordre dans la suite des grandeurs aléatoires et que ce type peut être exprimé par une seule valeur.

---

(1) Séance du 9 mai 1937.

(2) HANS REICHENBACH, *Wahrscheinlichkeitslehre*, Leiden, 1935, p. 123.

Considérons des groupes de N valeurs, suivant une certaine distribution $f(x)\,dx$, et classons ces N valeurs d'après leur ordre de grandeur décroissant $y_1, \ldots, y_j, \ldots, y_N$; ce classement nous impose une corrélation dont le premier caractère sera que la valeur considérée se trouve comprise entre x_i et $x_i + dx_i$, le deuxième caractère, qu'elle sera la $y_j^{\text{ième}}$ en grandeur parmi les N. Dans le cas général, cette corrélation s'exprime par la formule

$$(1) \qquad p\,i/j = C y_j \binom{N}{y_j} u(x_i)^{N-y_j} (1 - u(x_i))^{y_j-1} f(x_i)\,dx_i,$$

où $u(x)$ est la probabilité totale correspondant à la densité de probabilité $f(x)\,dx$ et où la constante C est déterminée par la condition de l'aire.

Dans le cas particulier d'une distribution exponentielle, $f(x) = \beta e^{-\beta x}$ [cas pratique de la distribution des intervalles entre émissions radioactives que nous avons étudiés avec M. Thibaud (1)] devient

$$(1') \qquad p\,i/j = \frac{1}{N}\,\beta \binom{N}{y_j} (1 - e^{-\beta x_i})^{N-y_i} (e^{-\beta x_i})^{y_j} y_j\,dx_i.$$

Pour caractériser une telle corrélation, on calculera les moyennes $m\,1/0$, $m\,0/1$, les moments déterminés $m_{k|}^{(j)}$ et les moments non déterminés $\mu\,2/0$, $\mu\,1/1$, $\mu\,0/2$, ces derniers calculés par rapport aux moyennes. De même pour le coefficient de corrélation $r\,1/1$.

On obtient de la sorte les expressions suivantes, où ν est une variable comprise entre 1 et N,

$$(2) \qquad m\,1/1 = \frac{1}{\beta}, \qquad m\,0/1 = \frac{N+1}{2},$$

$$(3) \qquad m_{|K|}^{(j)} = \frac{K!}{\beta^K} \underbrace{\sum_{\nu=y_j}^{N} \frac{1}{\nu} \sum_{\nu=y_j}^{N} \frac{1}{\nu} \cdots \sum_{\nu=y_j}^{N} \frac{1}{\nu}}_{K},$$

$$(4) \qquad \mu\,1/1 = \frac{1}{3}\left(\frac{1-N}{4}\right); \qquad \mu\,2/0 = \frac{1}{\beta^2}; \qquad \mu\,0/2 = \frac{N^2-1}{12},$$

$$(5) \qquad r\,1/1 = \frac{(1-N)\sqrt{12}}{4\sqrt{N^2-1}}.$$

Tel est le coefficient de corrélation qui caractérise la structure d'ordre de la distribution $\beta e^{-\beta x}$.

Le coefficient de corrélation observé $r'\,1/1$ doit être sensiblement égal à ce

dernier, dans des limites calculables d'ailleurs par les procédés usuels ([3]).

Ainsi, pour une série d'observations de k groupes de N valeurs chacun, on peut calculer la différence entre l'espérance mathématique $E(r'1/1)$ de $r'1/1$ et la valeur théorique de $r1/1$. Une autre appréciation résultera du calcul des dispersions des moments $\mu 0/2$, $\mu 1/1$, $\mu 2/0$, qui entrent dans le coefficient de corrélation $r1/1$. Ces calculs ne supposent que la connaissance des quatrièmes moments $\mu 0/4$, $\mu 2/2$, $\mu 4/0$, de (1'). Ces moments sont facilement calculables.

La décomposition d'une série statistique étant obtenue par cette méthode, l'étude de sa structure d'ordre prendra un intérêt dans tous les cas où l'on se trouve en présence d'écarts systématiques entre les observations et la théorie. Il y a là un moyen de les localiser.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de l'hydrolyse des solutions de chlorure cobalteux.* Note ([1]) de M. **Auguste Gosseries**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour différentes concentrations, nous avons mesuré, à la température de 25°, l'activité du cation Co^{++} et l'activité de l'ion H^+, afin de rechercher la forme de la loi qui relie entre elles ces deux grandeurs.

La solution mère dont nous nous sommes servi a été préparée à partir de $CoCl^2$, produit Merck recristallisé, et privée d'air par ébullition. La dilution était faite avec de l'eau bidistillée fraîchement préparée.

La détermination de l'activité de l'ion H^+, qui n'a pas présenté de difficultés spéciales, a été faite au moyen de l'électrode à quinhydrone, et contrôlée à l'aide de l'électrode de verre.

Nous avons, par contre, rencontré de sérieuses difficultés dans la détermination de l'activité de l'ion Co^{++} par la mesure du potentiel d'électrode, à cause de la facilité d'oxydation du cobalt et des phénomènes de passivité auquel ce métal est sujet.

Conformément aux indications de Haring et Westfall ([2]), nous avons

---

([3]) Richard von Mises, *Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theoretischen Physik*, 1931, p. 353.

([1]) Séance du 26 avril 1937.

([2]) Haring et Westfall, *Trans. Electrochem. Soc.*, 65, 1934, p. 235.

reconnu que l'obtention d'une électrode de cobalt réversible était subordonnée à deux conditions :

a. A la nature spongieuse du métal, résultant d'une électrolyse faite à densité de courant élevée;

b. A l'exclusion absolue de l'oxygène de la pile étudiée. On a généralement recours, dans ce but, à un barbotage d'azote; dans le cas présent, il faut veiller avec le plus grand soin à la purification rigoureuse de ce gaz.

D'autre part l'électrode de cobalt n'est pas reproductible, en ce sens que plusieurs électrodes préparées dans des conditions apparemment identiques ne prennent pas le même potentiel. La plupart des auteurs, ne faisant servir une électrode donnée qu'à la détermination d'un seul point de la courbe des potentiels, sont donc obligés, pour chaque point, de répéter un assez grand nombre de fois la mesure sur de nouvelles électrodes, en ne retenant que les résultats suffisamment concordants, dont ils font la moyenne. Notre but n'étant pas la détermination du potentiel normal, mais bien celle de la forme exacte de la courbe des potentiels, nous avons estimé préférable de faire passer une même électrode successivement dans des solutions de concentrations différentes. Il faut adopter l'ordre des concentrations croissantes, parce que, dans l'ordre inverse, les équilibres ne s'établissent que très lentement; il est cependant nécessaire de vérifier si l'électrode ne s'est pas altérée au cours de ces passages successifs.

Nous avons obtenu des résultats satisfaisants en employant une électrode de cobalt électrolytique spongieux (intensité plus petite que 6 ampères par centimètre carré; solution concentrée $CoCl^2$ à 80°C.); moins altérable que celles préparées à densité de courant plus élevée, cette électrode donne un potentiel normal, supérieur de 20 mv environ à la valeur trouvée par Lamb et Larson [3].

Les piles étudiées comprenaient une électrode à calomel à KCl saturé. Nous avons négligé le potentiel de jonction.

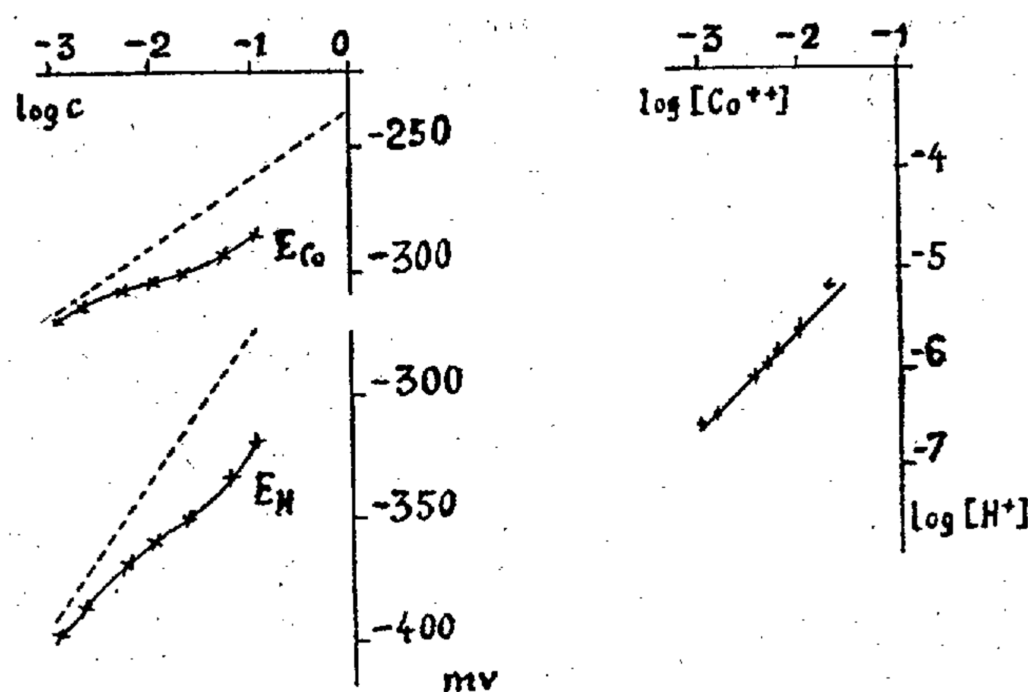
Voici le résumé des résultats de nos mesures :

---

(3) *J. Am. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 2025.

c.	E_{Co}.	E_H.	$[Co^{++}]$.	$[H^+]$.	K.
mol-g/l	mv	mv			
0,001	−324	−394	$0,9.10^{-3}$	$0,21.10^{-6}$	$23,3.10^{-5}$
0,002	−315	−382	1,8 »	0,34 »	18,9 »
0,005	−306	−364	3,6 »	0,68 »	18,9 »
0,01	−302	−354	4,9 »	1,0 »	20,4 »
0,02	−300	−350	5,7 »	1,2 »	21,0 »
0,05	−293	−336	10 »	2,0 »	20,0 »
0,1	−284	−306	20 »	6,6 »	33,0 »

$E_0 = -234$ mv; $t = 25°$.



Les activités relatives (représentées par les quantités entre crochets) ont été calculées par les formules

$$E_{Co} - E_0 = \frac{RT}{2\mathcal{F}} \ln [Co^{++}],$$

$$E_H = \frac{RT}{\mathcal{F}} \ln [H^+].$$

E_0, tenant lieu de potentiel normal, a été déterminé par la méthode d'extrapolation de Lewis.

Nous avons calculé le rapport

$$K = \frac{[H^+]}{[Co^{++}]};$$

logK est constant à 2,5 pour 100 près pour des concentrations comprises entre 0,05M et 0,001M, ce qui confirme que la loi de proportionnalité

trouvée par Mlle M. Quintin ([4]), dans le cas des sulfates de Cu, de Cd, de Zn, des nitrates des mêmes métaux et du chlorure de Cd, s'applique également au chlorure cobalteux, entre des limites assez étendues.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des glycérides d'après la méthode de Bouveault et Blanc*. Note ([1]) de MM. **V. M. Mitchovitch** et **G. Stefanovitch.**

La méthode de Bouveault et Blanc pour la réduction des esters en alcools primaires était généralement appliquée aux esters formés des acides et des alcools monovalents. Comme on le sait, la réduction se fait avec de l'alcool absolu et du sodium, mais souvent l'alcool éthylique est remplacé par l'alcool amylique, l'alcool amylique et le toluène et récemment par l'alcool butylique, l'alcool butylique et le benzène et même les esters éthyliques par les esters butyliques des acides correspondants. Au moyen de l'alcool amylique, du toluène et du sodium, S. Kawai ([2]) a réduit des glycérides naturels, des huiles de tang, de lin et de sardine, et il a obtenu un mélange d'alcools correspondants non saturés avec un rendement moyen de 45 pour 100.

En appliquant la méthode de Bouveault et Blanc, nous avons étudié si les glycérides purs peuvent être réduits d'après cette méthode et nous avons trouvé que l'oléine et la palmitine, par exemple, donnent le même rendement en alcools que l'ester éthylique des acides oléique et palmitique. Nous avons continué à réduire, dans le même but, toute une série des huiles et des graisses et nous avons constaté que, dans tous ces cas, on obtenait un mélange des alcools correspondants aux acides des glycérides employés. Ceci est important, surtout dans les cas où l'on n'a pas besoin des alcools individuels, mais d'un mélange de ces alcools, ce qui a un intérêt particulier, au point de vue physiologique, pour l'un de nous.

Bouveault et Blanc ont déjà constaté que dans la réduction des esters des acides non saturés la double liaison ne s'hydrogène pas d'ordinaire

---

([4]) *J. Chim. phys.*, 24, 1925, p. 712; *Activité et interaction ionique*, Thèse, Paris 1935.

([1]) Séance du 2 août 1937.

([2]) *Scient. Papers Inst. phys. chem. Res.*, 13, 1930, p. 254.

quand elle ne se trouve pas en position αβ par rapport au carboxyle. Tout récemment Oskerko [3] a montré que même la triple liaison reste inaltérée lorsqu'elle se trouve loin du carboxyle. Par conséquent, dans la réduction des huiles et des graisses, les doubles liaisons, éloignées du carboxyle au moins de deux atomes de carbone, restent inaltérées.

Étant donné que l'opération de la réduction a une durée très courte, l'alcoolyse est peu probable et, par conséquent, les glycérides se réduisent de la même manière que les esters de l'alcool éthylique, butylique ou des autres alcools monovalents.

Remarquons, enfin, qu'il n'est pas nécessaire de remplacer dans ces cas l'alcool éthylique par d'autres alcools, car l'alcool éthylique donne le même rendement que les alcools butylique ou amylique quand on travaille dans les conditions indiquées ci-dessous.

Mode opératoire. — Dans un ballon de trois litres à trois tubulures, dont l'une était liée à un long et large réfrigérant à reflux, la seconde portait un agitateur et la troisième servait à l'introduction de sodium, on met le glycéride (100^g) dissous dans l'alcool absolu (500^{cm^3}), on chauffe presque à l'ébullition et l'on introduit très vite (en 15 minutes environ) le sodium en petits morceaux (50^g). Quand la réaction cesse d'être énergique, on chauffe au bain-marie bouillant jusqu'à la disparition complète du sodium (une heure environ). Après avoir ajouté de l'eau (200^{cm^3}), on chasse l'alcool dans le vide, on dilue avec de l'eau, on sépare la couche huileuse et on la dissout dans l'éther. La solution éthérée est lavée avec de l'eau et séchée avec du sulfate de soude anhydre; on chasse l'éther et l'on distille le résidu dans le vide ordinaire ou élevé.

Les conditions pour un *bon* rendement sont les suivantes : l'alcool doit être tout à fait anhydre (distillé sur le sodium); les glycérides ne doivent pas contenir de l'eau non plus et ils doivent être complètement dissous dans l'alcool; l'agitation doit être très énergique; il faut introduire le sodium très vite et tenir compte qu'il ne fond pas durant l'opération; enfin, l'alcool doit bouillir pendant toute l'opération. Dans les cas étudiés les rendements variaient de 60 à 90 pour 100.

L'alcool oléique, obtenu par la réduction de l'oléine, bout à 209°-211° sous 16^{mm}.

Pour la réduction de la palmitine il faut prendre plus d'alcool. *L'alcool cétylique* fond à 50°-51°.

Des glycérides naturels réduits nous ne citerons que les suivants.

---

(3) *Ber. D. Chem. G.*, 70, 1937, p. 55.

L'huile d'olive (*oleum olivarum optimum dalmaticum*, indice d'iode d'après Hübl, 79,1, indice de saponification 193,4) a donné, dans la réduction, un mélange d'alcools qui bout à 164°-175° sous 0mm,1 (indice d'iode 84,5).

Le saindoux (graisse de porc, indice d'iode 61,3, indice de saponification 198,1) a donné, dans la réduction, un mélange d'alcools qui bout à 150°-158° sous 0mm,06 (indice d'iode 68,3).

L'huile de foie de morue (*oleum jecoris*, indice d'iode 158,2, indice de saponification 188,6), soumis à la réduction, a donné un mélange d'alcools qui bout à 130°-185° sous 0mm,015 (indice d'iode 147,0).

L'huile de chaulmoogra a donné, dans la réduction, un mélange d'alcools qui bout dans le même intervalle de température (148°-169° sous 0mm,04) que les alcools obtenus par la réduction de l'ester éthylique des acides préparés par la saponification de l'huile.

L'huile de ricin, soumis à la réduction, donne un mélange d'alcools, mais ce cas sera l'objet d'une étude spéciale.

BOTANIQUE. — *Cryptogamie et Phytogéographie*. Note (1) de M. **Roger-Guy Werner**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours de nos recherches botaniques au Maroc, nous avons essayé d'incorporer les Cryptogames marocaines, particulièrement les Lichens, dans l'ensemble phytogéographique méditerranéen, afin de mettre en évidence la place naturelle qu'elles y occupent. Prenant comme base les étages de végétation, tels qu'ils ont été définis par L. Emberger (2), nous pouvons fixer les points suivants :

a. Chaque *étage* possède des Cryptogames méditerranéennes propres qui contribuent à le caractériser.

b. Les caractères méditerranéens des étages sont masqués par une flore étrangère, le plus souvent originaire des pays tempérés et froids. Cette flore semble exister en majorité dans l'étage subhumide. En plaine, dans l'étage subhumide, ces espèces étrangères restent localisées en des endroits bien définis favorisés par les vents humides et les brouillards, tels les forêts de Chênes-liège et les vallons des ruisseaux entre Rabat et Casablanca; en montagne, nous les rencontrons surtout dans le Rif et le Moyen-Atlas, et en partie dans le Grand-Atlas. Elles gagnent d'ailleurs en altitude au fur et à mesure que la sécheresse augmente, afin d'y retrouver les conditions

(1) Séance du 28 juillet 1937.

(2) *Bull. Soc. Bot. Suisse*, vol. jub. Rübel 1936, p. 614-631. Voir aussi publications antérieures mentionnées dans ce Mémoire.

écologiques nécessaires, principalement l'humidité. En haute montagne, cette flore étrangère comprend, le plus souvent, des espèces des régions subarctiques, arctiques ou arctique-alpines ne sortant que rarement de l'étage méditerranéen de haute montagne.

c. Aux Cryptogames méditerranéennes et étrangères s'ajoutent aussi des espèces océaniques (3) et cosmopolites, qui recherchent, comme les étrangères, à travers tous les étages de végétation les conditions stationnelles les plus favorables. Les océaniques, par exemple, choisissent toujours des emplacements les premiers touchés par les vents humides, et elles se rassemblent souvent dans des stations les plus exposées à cet égard [Beni-Hosnar (Rif), Monts Zaians, régions de Sefrou et d'Ifrane (Moyen-Atlas), environs de Demnat (Grand-Atlas)].

Les étages de végétation peuvent être caractérisés, *au Maroc*, principalement par les Lichens suivants : *Heppia subrosulata, Acarospora reagens* (étage aride), *Caloplaca inspersa, Acarospora Laqueata* (étage semi-aride), *Lecidea strepsodea, Acarospora complanata, Verrucaria marmorea* et d'autres (étage subhumide), *Parmelia contorta, Parmelia Jacquesi, Acarospora sulphurata, Acarospora bullata, Leptogium Mairei, Pertusaria Lapieana* (étage humide), *Acarospora Rageoti, Dermatocarpon atlanticum, Squamaria sulforides* (étage de haute montagne).

Il serait intéressant de connaître les conditions écologiques et géographiques des Cryptogames méditerranéennes en dehors du Maroc. Malheureusement nous nous heurtons ici presque toujours à la difficulté provenant de ce que beaucoup d'auteurs se contentent d'énumérer leurs récoltes sans donner de précisions sur ces conditions. Les quelques documents utilisables démontrent combien la comparaison entre la flore cryptogamique des divers pays méditerranéens serait fructueuse. Nos observations, actuellement encore fragmentaires, prouvent que les Cryptogames, comme les plantes supérieures, peuvent caractériser les unités phytogéographiques naturelles et confirment les idées d'Emberger au sujet des étages de végétation.

Reichert (4) a fait des constatations très intéressantes du même ordre. Avec cet auteur, nous pensons pouvoir circonscrire l'étage méditerranéen aride surtout par la présence des *Heppia*. Nous y ajoutons *Acarospora reagens*, connu du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie, de la Péninsule ibérique, de la Corse, l'Italie, la Transcau-

---

(3) Terme employé au sens de Degelius in *Act. phytogeogr. Suec.*, VII, Uppsala, 1935, 400 pages.

(4) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 83, x, 1936, p. 836-841.

casie et de la Californie et, sous une forme un peu différente du type, de l'Égypte et de la Judée. L'étage méditerranéen semi-aride peut être défini par *Acarospora Laqueata* [Maroc, Algérie, Tunisie, Espagne, Kurdistan et Mésopotamie (sous une forme)], et par *Caloplaca inspersa* (Maroc, Iran, Mésopotamie). L'étage méditerranéen subhumide est déterminé surtout par *Lecidea advena* du Rif et de l'Himalaya, par *Acarospora complanata* du Maroc et de Californie, par *Verrucaria marmorea* (Maroc, Algérie, France méridionale, Baléares, Italie, Yougoslavie, Corfou, Grèce) et par *Aspicilia polychroma* dans le bassin méditerranéen occidental avec son vicariant *Aspicilia polychromoides* en Iran. Dans l'étage méditerranéen humide citons principalement *Parmelia contorta* (Maroc, Algérie, France méridionale et Grèce), *Parmelia Jacquesi* du Maroc, retrouvé par Reichert sur les Cèdres du Liban, *Acarospora sulphurata* se rencontrant jusqu'en Asie mineure et *Acarospora bullata* jusqu'en Iran et en Californie. Enfin, l'étage méditerranéen de haute montagne se distingue par des espèces cryptogamiques propres à chaque pays de la région méditerranéenne.

En résumé, l'étude de la distribution géographique des Cryptogames, particulièrement des Lichens, permet, au même titre que celle des végétaux supérieurs, de caractériser les grandes unités naturelles de végétation, autrement dit les *étages*, tels que ceux-ci ont été définis par L. Emberger. Des recheches ultérieures permettront de préciser ces données en les étendant aux autres groupes de Cryptogames, spécialement aux Bryophytes; elles mettront aussi en évidence ces homologies écologiques signalées par Emberger, grâce auxquelles nous pouvons reconnaître, malgré la diversité floristisque qui déroute par sa grandeur, les traits qui unissent les divers types de végétation et constituent les vrais critères d'une géographie botanique rationnelle.

PHYSIOLOGIE. — *La participation relative des protides et des lipides à la couverture des dépenses énergétiques dans l'inanition.* Note [1] de M. **Émile-F. Terroine** et de Mme **Simone Synephias**, transmise par M. Louis Lapicque.

Une sorte de dogme veut que, pendant la période d'état de l'inanition qui commence après la disparition presque complète des réserves de glycogène et s'achève lors du début de la hausse prémortelle de l'excrétion azotée, la part relative que prennent les protides à la couverture de la dépense énergétique soit d'environ 15 pour 100 et celle des graisses de 85 pour 100, et cela chez tous les mammifères. Lorsqu'on observe d'autres

(1) Séance du 9 août 1937.

valeurs, on les rapporte le plus souvent à l'état nutritif antérieur de l'animal, lequel a déterminé le degré d'abondance de ses réserves grasses.

L'examen de données anciennes et surtout les constatations récemment faites par Mlle Boy nous ont amenés à penser que cette règle, vraie pour l'homme, ne s'applique très vraisemblablement pas à toutes les espèces animales.

Nous avons donc repris l'étude de ce problème à l'aide de procédés analogues à ceux utilisés par nos prédécesseurs :

détermination de la dépense énergétique totale par thermochimie respiratoire (à l'aide de la méthode de Haldane);

détermination de la production calorique résultant de la combustion des protéines par récolte quotidienne de l'urine et dosage de N total.

Le glycogène disparaissant très rapidement, seules sont brûlées des protéines et des graisses, ainsi qu'en témoignent d'ailleurs les valeurs du Q. R. Dans ces conditions, la production calorique résultant de la combustion des graisses s'obtient très simplement par différence entre la première valeur et la seconde.

C'est à partir des deux valeurs ainsi obtenues qu'ont été déterminées les répartitions qui figurent dans la présente Note. Les données expérimentales, très nombreuses, permettant le calcul de ces répartitions, seront publiées dans un prochain Mémoire.

Un premier examen nous montra tout d'abord que, si l'on détermine sans interruption et pendant tout le cours de l'inanition (à l'exception des périodes initiales et terminales) les parts respectives que prennent les protides et les lipides à la dépense énergétique, la répartition ne présente que des variations très médiocres et sans caractère systématique, comme le montrent les exemples ci-dessous, empruntés à nos essais sur le lapin et le rat :

Part des protides pour 100.

Durée du jeûne (jours)...	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Lapin 2..............	33	27	28,5	32	29,5	35
Rat 2................	10,5	10,5	7,5	8,0	9,0	8,5

L'abondance des graisses n'intervient donc en aucune manière dans la grandeur de leur consommation; cette dernière reste, en effet, sensiblement la même au début du jeûne, alors que la réserve grasse est abondante, et vers la fin, lorsqu'elle est presque complètement épuisée. Si donc, au cours de la période d'état de l'inanition, on relève des différences sensibles entre

espèces dans la répartition des potentiels usés, elles seront l'expression nécessaire de caractères physiologiques distinctifs et non la conséquence contingente d'une plus ou moins grande richesse en réserves grasses.

De telles différences existent-elles ? Des études antérieures ayant apporté, pour l'homme, le cobaye et le chien, de nombreuses données qu'il était parfaitement inutile de contrôler; les recherches récentes de Mlle Boy, faites sous la direction de l'un de nous, permettant les calculs nécessaires dans le cas du porc; nous avons fait porter nos investigations sur le lapin, le rat et la souris.

Si, pour ces animaux, on prend la moyenne des valeurs quotidiennes de la période d'état, on aboutit aux résultats ci-dessous :

	Lapin.		Rat.		Souris.	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Part des protides pour 100.....	25,6	33	12	9	8,5	8

Malgré certaines différences individuelles d'ailleurs très faibles, on voit qu'il existe, sans aucun doute, un écart considérable entre les valeurs enregistrées chez le lapin, d'une part, et celles, identiques, que fournissent le rat et la souris d'autre part.

Si l'on fait alors état des valeurs antérieurement acquises, on peut dresser le tableau d'ensemble suivant :

		Porc.	Souris.	Cobaye.	Rat.	Chien.	Homme.	Lapin.
Participation pour 100 de la dépense énergétique totale	Protides.	6	8	9	10	10	15-20	30
	Lipides..	94	92	91	90	90	85-80	70

Sans doute existe-t-il un peloton d'espèces (Souris, Cobaye, Rat, Chien) caractérisées par une même répartition. Mais qu'aucune règle générale fixant le taux de cette répartition ne peut être appliquée à toutes les espèces, cela ressort incontestablement du fait que la part des protides, dans la dépense énergétique totale du jeûne, varie dans la proportion de 1 à 5 lorsqu'on passe du porc au lapin.

C'est là un nouveau fait, à côté de ceux relatifs à la grandeur de la cétogenèse et à celle de l'ammoniurie, montrant que les diverses espèces de mammifères peuvent présenter de très importantes différences dans les processus intimes de leur métabolisme au cours du jeûne. Il nous faut avouer, d'ailleurs, que nous n'apercevons actuellement aucune raison permettant d'expliquer ces différences.

PHARMACOLOGIE. — *Démonstration de l'action vaso-constrictive directe d'une substance nicotinique, la cytisine.* Note (¹) de M. **Raymond Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons montré (²) que, sur le rein dont les vaisseaux ont été, au moyen de canules de Payr, anastomosés avec ceux du cou, les substances nicotiniques agissent différemment suivant que l'animal a été ou non bisurrénalectomisé. Dans le premier cas, elles provoquent une augmentation du volume du rein parallèle à l'élévation de la pression artérielle; dans le second, elles font apparaître une vaso-constriction très marquée de cet organe.

Nous avons constaté, par la suite (³), que, dans certains cas cependant, la nicotine produit, chez l'animal bisurénalectomisé, une indéniable vaso-constriction du *rein au cou*. Un élève de Cannon (⁴) ayant affirmé depuis lors que si, chez l'animal privé de ses capsules surrénales, l'injection de nicotine est suivie d'une contraction de la membrane nictitante énervée, c'est parce que cet alcaloïde, en *excitant les cellules ganglionnaires sympathiques, détermine... la libération de sympathine*, nous avons voulu savoir si la vaso-constriction du rein au cou, que les substances nicotiniques déterminent par fois chez l'animal décapsulé, doit ou non être attribuée à une sécrétion de sympathine.

Dans ce but, nous avons fait usage d'une technique qui permet de limiter exclusivement au rein les effets de la substance étudiée, technique qui est la suivante : Chez un chien anesthésié par le chloralose, bivagotomisé au cou, soumis à la respiration artificielle et dont le sang a été rendu incoagulable par l'injection intraveineuse de novirudine ou de polyanétholsulfonate de soude, l'artère rénale est anastomosée avec l'artère fémorale à peu de distance d'une des ramifications latérales de celle-ci, ramification dans laquelle on introduit la canule métallique à mandrin par laquelle on fait pénétrer la substance qu'on veut faire agir. Une canule de verre, insérée dans la veine rénale, recueille le sang de l'organe et le conduit sur un compteur de débit du type Condon relié à un signal électromagnétique de Desprez.

Si l'on injecte alors, dans la ramification latérale de l'artère fémorale

---

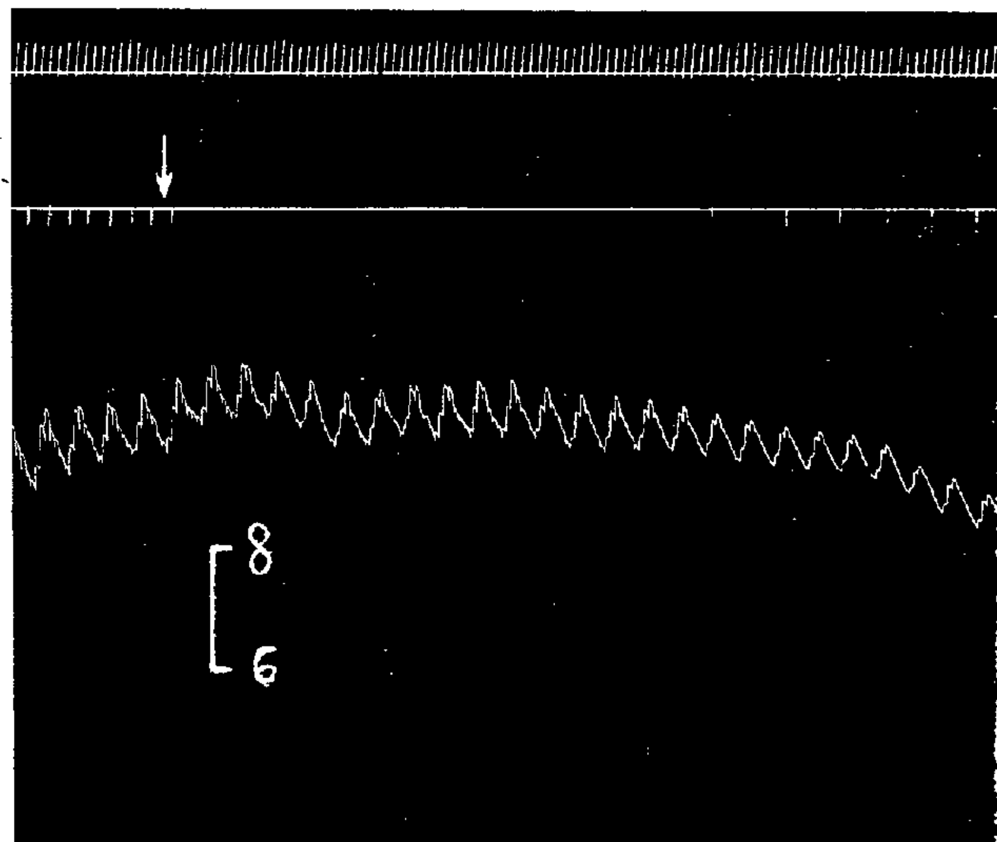
(¹) Séance du 19 juillet 1937.

(²) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p 1310-1312.

(³) *Rev. de Pharmacol. et de Thérap. expériment.*, 2, 1931, p. 92.

(⁴) Z. M. Bacq, *C. R. Soc. Biol.*, **123**, 1936, p. 1021.

qui irrigue le rein, une petite quantité d'une solution très diluée de chlorhydrate de cytisine, alcaloïde qu'on sait être un des plus actifs du groupe de la nicotine ([5]), on enregistre une diminution considérable du débit sanguin de la veine rénale (*fig.* 1). Si l'on injecte ensuite, dans les mêmes



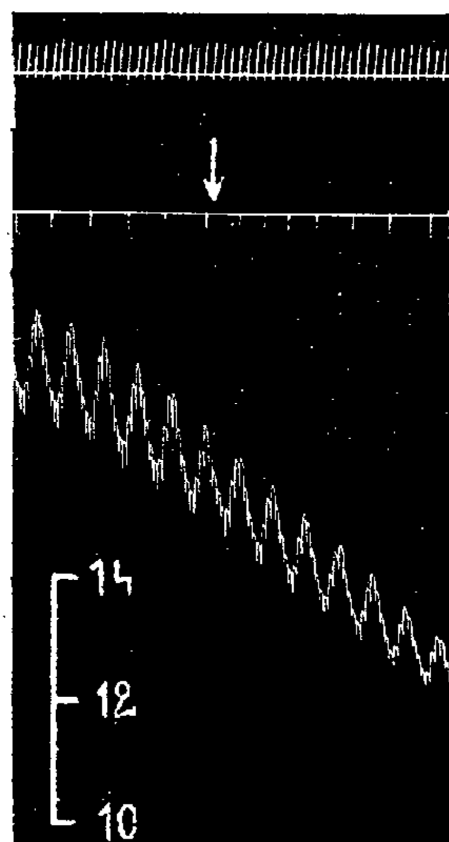


Fig. 1. Fig. 2.

Chien de 18kg, anesthésié par le chloralose (12cg par kg), bivagotomisé au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable, une injection intraveineuse de 180mg de polyanétholsulfonate de soude. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : modifications du débit sanguin de la veine d'un rein dont l'artère a été anastomosée avec l'artère fémorale. 3e ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté, dans la ramification latérale de l'artère fémorale irriguant le rein, en la figure 1, 2mg de chlorhydrate de cytisine de Merck en solution dans 2cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium, en la figure 2, 100mg de ce même chlorhydrate dissous dans 2cm³ de ce dernier soluté. Tracés reproduits en grandeur naturelle.

conditions expérimentales, une solution très concentrée de chlorhydrate de cytisine, on constate non plus une diminution, mais une augmentation marquée du flux veineux du rein (*fig.* 2). Dans le tracé reproduit ici, la vaso-dilatation apparente est très inférieure à la vaso-dilatation réelle, car elle a été enregistrée non point à un moment où la pression artérielle était étale, mais alors que celle-ci subissait un abaissement progressif.

Nos expériences montrent donc que la vaso-constriction rénale produite par les substances nicotiniques n'est pas due seulement à l'hypersécrétion adrénalinique et à l'excitation des centres vaso-moteurs bien mise en évidence par Tournade ([6]), mais qu'elle résulte aussi d'une stimulation directe

([5]) A. I. Kusnetzow, *Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol.*, **135**, 1928, p. 333-345.

([6]) A. Tournade et J. Malmejac, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1296-1297.

des mécanismes récepteurs périphériques. Elles montrent aussi que, sur le rein, la cytisine est vaso-constrictive ou vaso-dilatatrice suivant qu'on la fait agir à faible ou à forte concentration. S'il se confirmait, ce dont d'ailleurs nous doutons, que, comme S. W. Ranson et W. D. Wightman [7] l'ont affirmé, la nicotine a, sur la patte, des effets périphériques exclusivement vaso-dilatateurs, il faudrait admettre que les substances nicotiniques agissent différemment sur les vaisseaux des pattes et sur ceux du rein.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Folliculine et dihydrofolliculine dans l'urine de juments gravides.* Note [1] de Mlle **Digna Van Stolk** et M. **Roland Leroy de Lenchere**, transmise par M. Maurice Javillier.

Parmi les hormones sexuelles femelles, c'est la folliculine ou œstrone qui a été isolée la première sous forme pure et cristallisée. Ce corps est un dérivé du cyclopentanophénanthrène, contenant un seul noyau aromatique et deux groupements fonctionnels, l'un cétonique, l'autre phénolique.

Par réduction du groupe cétonique, on obtient l'alcool secondaire correspondant, la dihydrofolliculine ou œstradiol. Ce corps a une action physiologique œstrogène bien plus prononcée que la folliculine elle-même. Il avait été isolé directement des ovaires de truies [2], et peut donc être considéré comme une deuxième hormone naturelle.

Nous avons réussi à l'isoler également de l'urine de juments gravides, en quantités assez considérables pour en rendre l'extraction industrielle possible, en nous appuyant :

1° sur la différence de solubilité, dans la soude de plus en plus diluée, des phénols et de la folliculine;

2° sur la facilité d'extraction de la folliculine par l'éther de ses solutions sodiques.

La fabrication de la folliculine sur une grande échelle nécessite la récolte de l'urine de centaines de juments. La teneur en folliculine de l'urine de juments gravides varie énormément, non seulement avec l'époque de la gravidité (maximum au septième mois), mais aussi avec l'individu. Pour nous rendre compte de ces variations, nous avons récolté séparément l'urine de quelques juments.

---

(7) *Americ. Journ. of Physiology*, 62, 1922, p. 405-415.

(1) Séance du 9 août 1937.

(2) Doisy, Mac Corquodale et Thayer, *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 32, 1935, p. 1182.

Certaines d'entre elles fournissent 7 à 8 litres d'urine par jour, d'autres 20 à 25 litres. L'urine des juments qui urinent peu est la plus concentrée en folliculine. Elle nous a donné jusqu'à 35 grammes de folliculine cristallisée, à la tonne. On obtient facilement un rendement moyen de 10 grammes de folliculine cristallisée, par 1000 litres d'urine.

Si l'on n'emploie pas de réactif agissant sur le groupement cétonique, dans l'extraction de la folliculine, on trouve dans les eaux mères alcooliques de cristallisation une fraction de dihydrofolliculine (1), beaucoup plus soluble que la folliculine elle-même, et difficile à faire cristalliser. Nous l'avons identifiée par : 1° l'analyse élémentaire; 2° le point de fusion de son mélange avec la dihydrofolliculine obtenue par hydrogénation de la folliculine (P.F. 174-175°); 3° la formation des dérivés : monobenzoate et dibenzoate.

De 15 tonnes d'urine, nous avons isolé à l'état pur une vingtaine de grammes de dihydrofolliculine. Cependant il reste encore un résidu huileux que nous n'avons pas réussi à faire cristalliser et qui a encore un très grand pouvoir œstrogène. Nous pouvons estimer que la moitié ou même les deux tiers de l'activité physiologique de l'urine de juments gravides est due à la dihydrofolliculine.

La séance est levée à 15h10m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 juin 1937.)

Note de M. *Alfred Lacroix*, Sur un nouveau type basaltique, forme d'épanchement d'une norite et comparable, au point de vue chimicominéralogique, aux météorites feldspathiques :

Page 1911, ligne 7 en remontant, *au lieu de* $m = 1$, *lire* $m = 3$; *au lieu de* est pauvre, *lire* n'est pas pauvre.

Page 1912 (note), ligne 2 en remontant, *au lieu de* est plus grande, *lire* est parfois plus grande; ligne 3 (en remontant), *au lieu de* 2 roches, *lire* 2, ces roches; ligne 3 (en remontant dans le texte), *au lieu de* plus, *lire* assez.

(1) Les détails expérimentaux seront publiés dans un autre Recueil.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AOUT 1937.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

AVIATION. — *Sur la recherche des avions perdus en mer.* Note de M. **Georges Claude**.

J'ai le plaisir d'informer l'Académie que le procédé de recherche des avions perdus en mer que j'ai décrit il y a quelques semaines [1], et dont les tristes péripéties de la disparition d'Amelia Earhardt ont fait ressortir l'intérêt, a retenu l'attention des Services d'*Air-France*.

En vue de se rendre compte par eux-mêmes des possibilités de cette méthode, ses dirigeants m'ont demandé de procéder, sur l'Étang de Berre, à un essai préparatoire avec leur Directeur à Marignane, M. Biroard. Cet essai a été effectué le 9 août. Il a confirmé les conclusions des essais que j'ai relatés, dans toute la mesure permise par la mauvaise visibilité de ce jour-là.

A la suite de cet essai, la Direction d'*Air-France* a décidé de s'occuper de l'installation pratique des récipients à fluorescéine sur hydravions pour procéder à des essais définitifs. Je suis heureux de la remercier de l'intérêt qu'elle porte à cette question, certain qu'elle saura en surmonter les difficultés d'application.

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1291.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Méthode puits-tourbillonnaire d'hypersustentation et de diminution de la traînée.* Note (¹) de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Dans des recherches antérieures, j'ai tâché de mettre en évidence le caractère puits-tourbillonnaire de la génération de tubes-tourbillons, creux ou pleins, entourés de fluide dont le mouvement est à peu près irrotationnel (²).

Les particules fluides animées d'une rotation comparativement faible, provenant des couches limites recouvrant les parois en contact avec le fluide, affluent vers l'axe du tube-tourbillon naissant en décrivant des spirales, analogues à celles qu'elles décriraient autour d'une ligne de puits-tourbillons, et s'écoulent ensuite le long des bouts libres du tube-tourbillon. L'augmentation notable que subit la rotation des particules fluides lorsqu'elles s'écoulent le long de ces tubes-tourbillons, peut être rattachée, comme M. L. Lecornu l'a fait voir dans le cas d'une veine sortant d'un réservoir (³), au problème de Beltrami.

Dans un mouvement relatif permanent, autour d'une hélice propulsive, par exemple, ce sont les équations plus générales (⁴) $\vec{\omega} \times \vec{v}' = 0$ et, le long de chaque filet, $\omega : \rho v' = \text{const.}$ qui caractérisent, en première approximation, le mouvement; ω est le tourbillon du mouvement absolu, v' — la vitesse relative et ρ — la densité du fluide.

L'exemple le plus simple qu'on puisse citer est celui de l'écoulement bien familier de l'eau, animée préalablement d'un léger mouvement giratoire, par l'orifice *b* (*fig.* 1) du réservoir *a* avec formation d'une cavité *c* et succion d'air le long de l'axe du réservoir.

Si l'on tient compte du phénomène *intermédiaire* de la formation de

---

(¹) Séance du 18 août 1937.

(²) *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, fasc. V, Moscou, 1914, p. 97; *Comptes rendus du IIIᵉ Congrès International de Navigation aérienne*, Bruxelles, 1925, 2, p. 181; *The Royal Aeronautical Society, Aeronautical Reprints*, nº 77, London, 1935, p. 83 et 108.

(³) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 923-926.

(⁴) D. Riabouchinsky, *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, fasc. IV, Moscou, 1912, p. 79; *Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris*, 1922, p. 57.

deux tourbillons symétriques c, c_1 sur les deux côtés d'une vanne réglant l'écoulement de l'eau dans un canal (*fig.* 2), on aperçoit le lien qui rattache l'écoulement de la figure 1 à celui de la figure schématique 3, où l'on voit apparaître le *tourbillon en fer à cheval cc'*, qui intervient dans beaucoup de phénomènes naturels, au-devant d'un obstacle ss' placé sur un plan Σ limitant le courant. On aperçoit ensuite facilement le lien unissant le tourbillon de la figure 3 au système tourbillonnaire formé par une aile portante avec

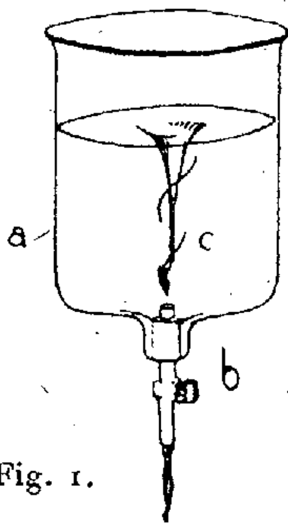


Fig. 1.

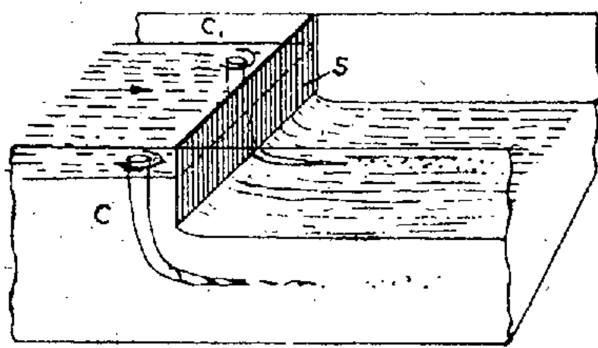


Fig. 2.

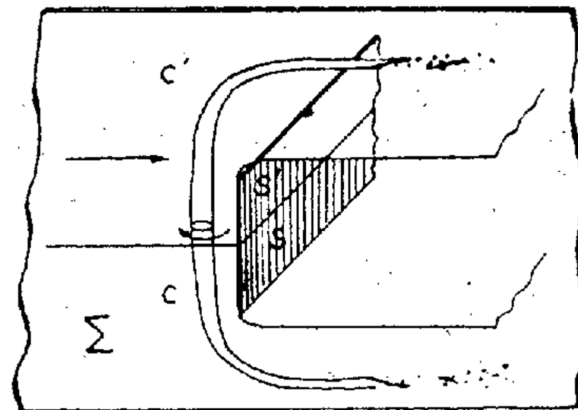


Fig. 3.

ses tourbillons adjoints. La parenté entre le système tourbillonnaire d'une aile portante et celui d'une hélice propulsive étant d'autre part bien connue, on peut effectivement considérer le caractère puits-tourbillonnaire de la génération de ces différentes formes de mouvement comme bien établi.

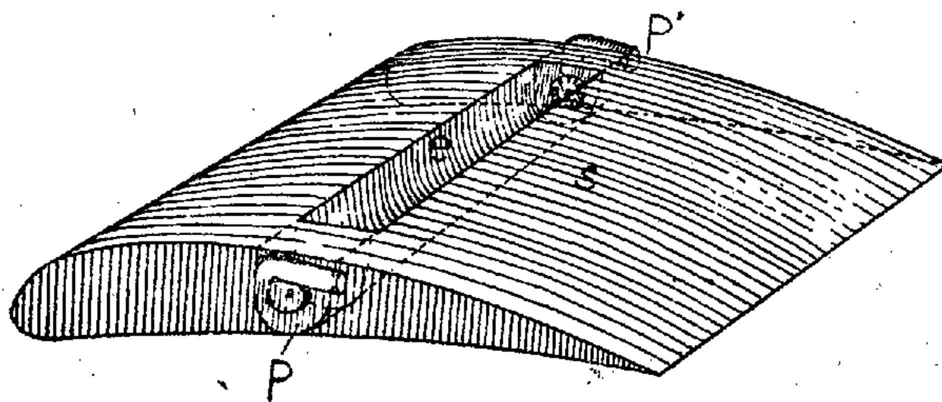


Fig. 4.

Ces considérations m'ont conduit à supposer qu'on peut augmenter la sustentation des surfaces portantes et diminuer la traînée en adjoignant aux corps des dispositifs puits-tourbillonnaires. Pour préciser cette idée, considérons les figures schématiques 4 et 5.

La figure 4 représente un élément d'aile d'avion s avec un enfoncement e pratiqué dans sa partie dorsale parallèlement au bord d'attaque. Deux pompes centrifuges p, p' placées aux deux bouts de l'enfoncement e déter-

minent un appel d'air et la génération d'un tourbillon adjoint à l'aile augmentant la circulation et, par conséquent, la sustentation.

La figure 5 donne une vue du corps arrière d'un navire propulsé par une

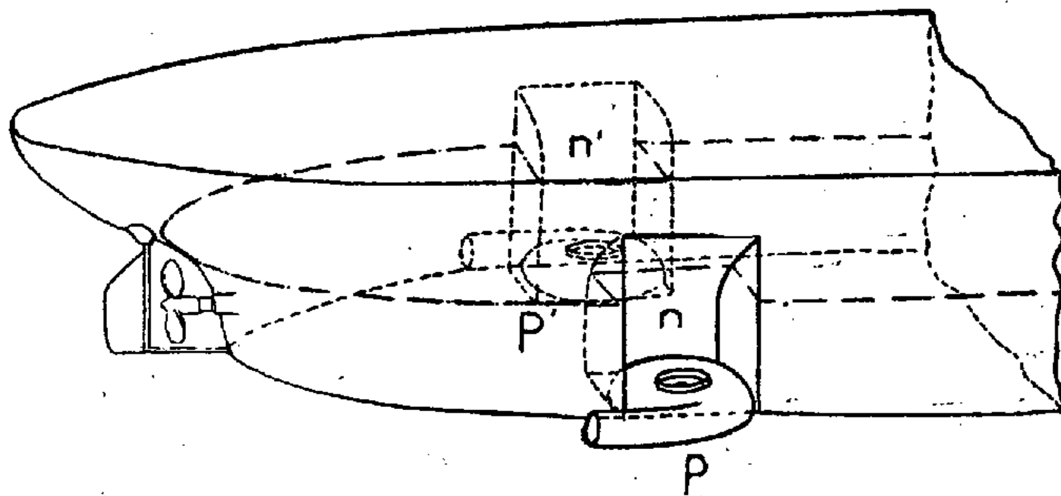


Fig. 5.

hélice, muni sur ses deux côtés de pompes centrifuges p, p' placées au fond de deux niches n, n' pratiquées dans le corps du navire au-dessous de la ligne de flottaison. Les tourbillons qui prennent naissance dans les niches contribueront à ce que les lignes de courant du mouvement relatif sur les deux côtés du navire viennent se rejoindre à l'arrière de ce dernier et, par conséquent, à diminuer la résistance à l'avancement. Placé vers l'avant du bateau ce dispositif peut modifier et atténuer la formation d'ondes.

Pour empêcher la formation d'entonnoirs et une succion d'air par les pompes, des flotteurs peuvent surnager la surface libre de l'eau dans les niches. La réaction du fluide refoulé par les pompes s'ajoute à celle de l'hélice propulsive. L'étude du dispositif puits-tourbillonnaire en tant que groupe moto-propulseur présente aussi un certain intérêt.

Des recherches préliminaires, effectuées sous ma direction, ont confirmé, dans leurs traits généraux, les prévisions formulées dans cette Note.

Pour diminuer la puissance absorbée par l'aspiration, on peut utiliser un démarreur automatique, ne mettant en marche les pompes que lorsque la dépression, provoquée par les mouvements tourbillonnaires engendrés, cesse d'être suffisante.

MAGNÉTISME. — *Les moments de quelques cations des terres rares et le magnétisme de Weiss.* Note de M. **B. Cabrera.**

Le succès indiscutable de la Mécanique quantique, même dans l'interprétation des phénomènes magnétiques, a entraîné le discrédit de la loi

empirique des nombres entiers de Weiss, que l'on peut formuler

$$\sqrt{C_a} = nK,$$

où n est un nombre entier et K le plus grand commun diviseur des données empiriques $\sqrt{C_a}$. En conséquence, les nombreux cas de coïncidence des résultats expérimentaux, qui ont été leur fondement, sont attribués au hasard, mettant à profit ceux qu'autrefois l'on considérait comme des discordances produites par des impuretés chimiques ou pour la superposition des états magnétiques différents.

Il y a environ dix ans, un calcul direct de K m'a conduit à la valeur 1124,9 pour le magnéton de Weiss, concordant avec celle tirée à la même époque par Weiss et Forrer de la saturation magnétique au zéro absolu des corps ferromagnétiques. D'autre part, les excédents empiriques

$$\varepsilon = \sqrt{C_a} - nK$$

sont distribués suivant une loi bien définie du type de Gauss.

Ce résultat m'a encouragé à perfectionner autant que possible la mesure expérimentale des moments magnétiques de quelques cations pour lesquels la crainte des perturbations du système magnétogène est peu raisonnable. C'est le cas des terres rares dont les moments atomiques sont indépendants du type des composés où les cations sont engagés. Certainement les actions des atomes environnants de ces cations se manifestent encore pour les constantes Δ et k assez sensibles au type du sel; c'est pourquoi il convient de se limiter aux sels pour lesquels les dites constantes sont bien déterminées. C'est le cas des oxydes et sulfates des cations Gd^{+++}, Dy^{+++}, Ho^{+++}, Er^{+++} qui obéissent à la loi simple $(T+\Delta) = C_a$ dans un très grand intervalle de température. On a fréquemment objecté la difficulté de la séparation chimique de ces cations et aussi la valeur très haute de n pour leurs moments; mais la méthode d'analyse spectroscopique permet de discriminer la contribution des différents composants d'un échantillon donné, et la précision obtenable dans la mesure des χ ne rend pas illusoire l'attente d'obtenir deux millièmes dans la valeur du moment.

C'est le problème que je poursuis depuis 10 ans, en améliorant progressivement la méthode expérimentale. Contraint par les circonstances à m'arrêter dans mes travaux expérimentaux, je crois convenable de faire connaître les résultats que j'ai obtenus. Ils se trouvent résumés dans le tableau ci-après, dont chaque nombre est la moyenne par poids pour une longue série de mesures étendues à toute la période indiquée.

	$C_{Gd^{+++}}$.	$C_{Dy^{+++}}$.	$C_{Ho^{+++}}$.	$C_{Er^{+++}}$.
M_2O_3, Urbain	7,812±0,019	13,618±0,006	–	–
» Prandtl	7,593±0,023	13,899±0,068	–	–
» Auër	6,599±0,005	13,580±0,040	13,524±0,011	11,107±0,046
» »	7,646±0,010	13,852±0,062	13,821±0,056	11,314±0,043
» »	7,866±0,058	13,886±0,020	13,733±0,040	11,346±0,027
Valeurs plus probables	7,793±0,076	13,831±0,010	13,689±0,060	11,286±0,054
» théoriques	7,821	14,069	13,960	11,390
» de Weiss	7,716	13,718	13,718	11,207

Les valeurs de C_a pour l'oxyde de Auër et les deux sulfates devraient être les mêmes aux limites des erreurs expérimentales, puisque les échantillons correspondants ont été obtenus des octohydrates par l'élévation de la température à 400° pour les sulfates anhydres et à 1000° pour les oxydes. Généralement C_a est plus petit en proportion du fait d'une transformation incomplète. Seulement pour le Gd^2O^3 elle est excessivement basse, mais la valeur correspond justement à $n_W = 36,06$, nombre déjà obtenu avec les résultats de E. H. Williams.

Les écarts pour les sels de Gd^{+++} de différente origine sont explicables de par les impuretés comprises dans les limites données par une première analyse spectrale, encore presque qualitative, en ajoutant l'effet de l'eau absorbée par les corps pulvérisés qui échappe à la dite analyse. Cet effet semble particulièrement important dans nos sels du Tb^{+++} au point d'empêcher toute conclusion bien justifiable de nos mesures actuelles.

Les valeurs plus probables consignées dans le tableau ont été obtenues en faisant la discussion de chaque donnée (les valeurs des oxydes de Auër n'ont pas été utilisées), et en tenant compte des résultats de Velayos pour les mêmes échantillons, bien qu'ils n'altèrent pas essentiellement ces valeurs. Les valeurs dites théoriques sont celles données par la Mécanique quantique et les appelées de Weiss sont celles qui conduisent aux moments entiers. Les C_a acceptés comme les plus probables sont systématiquement au-dessous des valeurs théoriques, et plus voisines, bien que presque toujours au-dessus des valeurs de Weiss.

Si les impuretés ont un caractère accidentel, la loi de distribution des écarts des mesures de chaque échantillon individuel, une fois par rapport aux valeurs théoriques et une autre aux valeurs de Weiss, peut nous donner un critérium pour soupçonner de quel côté se trouve la vérité. Nous prenons par définition

$$\varepsilon_r = \frac{\sqrt{C_a} - \sqrt{C_0}}{\sqrt{C_0}},$$

où C_0 représente soit la valeur théorique, soit la valeur de Weiss. Pour faire la statistique on prend comme intervalle unité 0,005. Dans le cas des valeurs de Weiss, il existe une distribution presque superposée du type gaussienne pour les quatre cations, de sorte qu'il est très indiqué de les réunir dans une seule courbe dont les abscisses et les ordonnées sont comprises dans le tableau suivant, et qui contient aussi les ordonnées de la courbe correspondante de Gauss.

Centre de l'intervalle.	10,0	−5,0	0	+5,0	+10	+15	+20	+25
Nom. de ε_r...............	6	8	20	48	22	1	0	3
Nom. de Gauss...........	0	3	25	48	25	3	0	0

Si la base du calcul est le C_0 théorique, l'intervalle total des écarts est sensiblement plus long et les intervalles correspondant à chaque cation sont plus séparés, et par conséquent la courbe totale non définie.

Le tableau met en évidence deux circonstances importantes :

1° Le déplacement du maximum 0,005 vers les ε_r positives, qui donne pour la valeur du magnéton 1130,0 au lieu de 1125,0. En tenant compte que la base du dernier est surtout la famille du fer, ce résultat suggère la possibilité que la valeur du magnéton dépende jusqu'à un certain point de la famille paramagnétique.

2° Du côté des abscisses négatives il y a une accumulation des ε_r, qui peut être la conséquence des erreurs systématiques dans la pureté des échantillons.

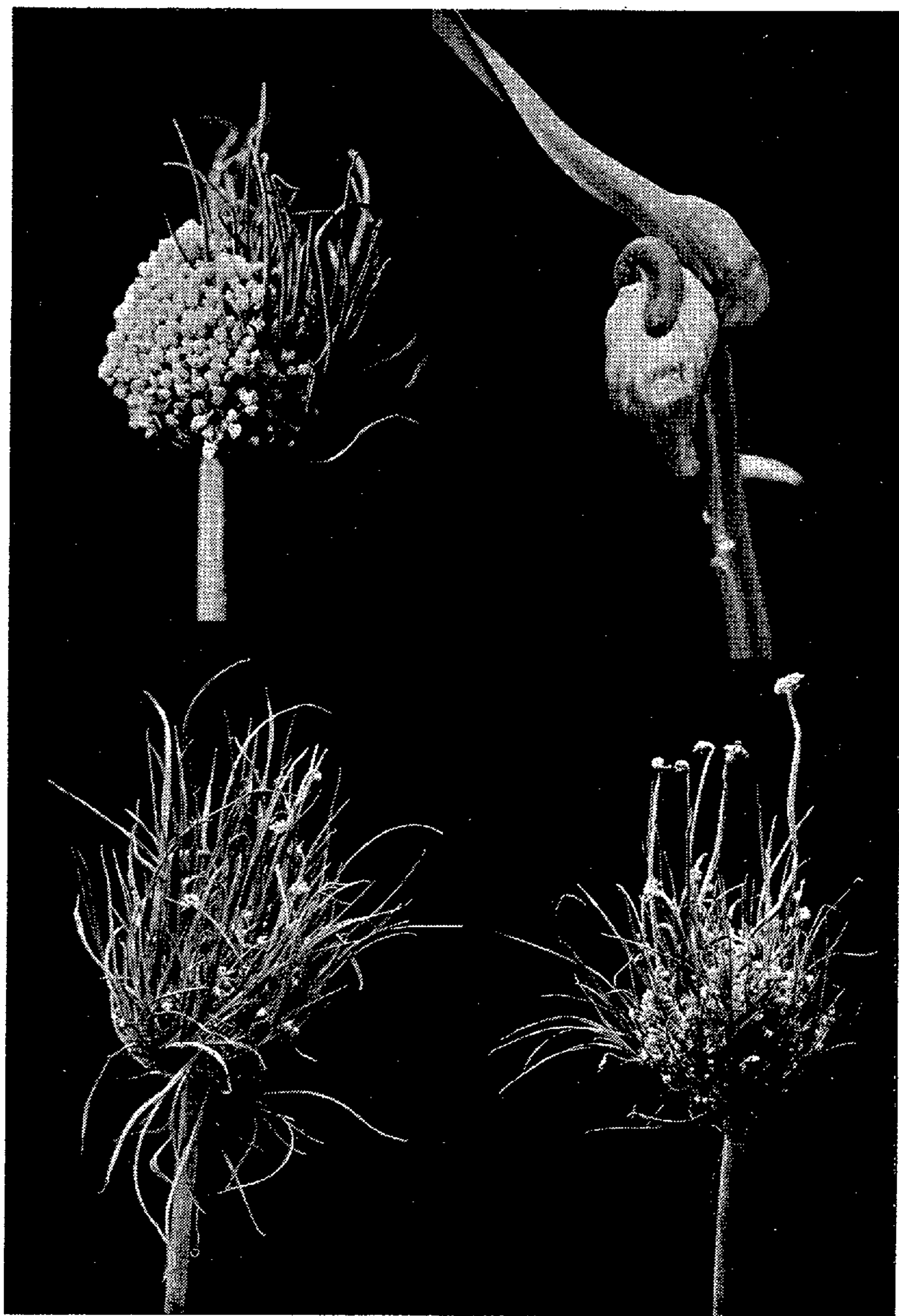
BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles expériences sur l'hérédité acquise chez le Poireau* (1). Note (2) de M. **Lucien Daniel**.

A la fin de septembre 1936, j'avais planté dans mon jardin d'Erquy (Côtes-du-Nord), sans engrais et en plein soleil : 1° des bulbilles récoltées sur des pieds bulbifères de 1936 ; 2° les caïeux de ces pieds; 3° 42 ognons de Poireaux provenant de bulbilles de 1935 devenues plurannuelles et ayant repris leur vie active après les pluies du début de l'automne.

Le 10 juin dernier, je constatai que beaucoup de bulbilles du premier lot

(1) Lucien Daniel, *L'hérédité acquise chez le Poireau bulbifère* (*Ann. des Sc. nat., Bot.*, 10e série, 19, 1937, p. 127-139).

(2) Séance du 18 août 1937



Inflorescences diverses de Poireau.

Fig. 1. Ombelle de Poireau à moitié échevelée et à moitié normale. — Fig. 2. Hampe de Poireau fasciée avec ses deux ombelles. — Fig. 3. Ombelle échevelée à bulbilles feuillées rappelant un jeune semis de Poireaux. — Fig. 4. Ombelle échevelée, prolifère et bulbifère, à pédoncules spiralés très allongés.

avaient été étouffées par les mauvaises herbes et qu'un petit nombre seulement avait survécu. Les caïeux s'étaient tous développés vigoureusement et les pieds plurannuels, de vigueur différente, étaient en bon état. Au moment de la floraison, les descendants des deux premiers lots se comportèrent comme les années précédentes; leurs ombelles furent normales ou prolifères et bulbifères à des degrés divers. Ceux du troisième lot présentèrent de curieuses variations dans la forme et le développement de l'appareil reproducteur. L'un d'eux avait une hampe fasciée formée de deux parties inégales dont le sommet de la plus longue s'était recourbé en spirale. Les deux spathes insérées à des hauteurs différentes, étaient disposées en sens inverse (*fig.* 2). Les 41 autres pieds avaient une tige unique. Leurs spathes fusiformes ou piriformes, s'ouvrirent à des époques variables et leurs ombelles présentèrent des particularités remarquables. Sphériques et portant quelques bulbilles isolées ou groupées chez cinq individus, elles furent, chez tous les autres, échevelées et bulbifères, en partie (*fig.* 1) ou en totalité (*fig.* 3 et 4). On pouvait les classer en deux groupes passant de l'un à l'autre.

Dans le premier, l'ombelle était entièrement blanche au début et la chlorophylle apparut tardivement quand les bulbilles devinrent chevelues. Dans le deuxième, la chlorophylle se forma à l'intérieur même de la spathe, à l'abri de la lumière et s'accentua rapidement par la suite dans les parties modifiées de l'ombelle, particulièrement chez les pédoncules prolifères et bulbifères ainsi que chez les bulbilles feuillées à limbe plat. Les pédoncules prolifères, très vigoureux, furent gênés dans leur croissance par les spathes rigides et prirent une forme spiralée qui persista malgré leur redressement à la suite de la chute de la spathe (*fig.* 4). Leur longueur, le 10 août, variait de 10 à 26^{cm} et leur épaisseur était de 1^{mm} environ. Ils portaient à leur sommet une ombellule bulbifère, parfois prolifère à son tour. Les bulbilles, très nombreuses, naissaient à des points variables sur le plateau de l'ombelle; tantôt elles étaient accompagnées d'une bractée, nues et sans feuilles; tantôt elles étaient munies de feuilles à limbe arrondi ou planes. Comme chez certains de leurs ancêtres bulbifères, les petits ognons non feuillés ou à feuilles desséchées se détachaient du plateau de l'ombelle, tombaient sur le sol et s'y sont enracinés à la façon de propagules. C'est là un nouvel exemple d'hérédité d'un caractère d'adaptation acquis à la suite de la lutte pour la vie.

Les ombellules des pédoncules prolifères et bulbifères étaient, à l'état jeune, entourées par des spathes complètes, bivalves, fermées et dressées,

ou bien elles étaient incomplètes, à valves inégales séparées ou à valve unique recourbée en bec d'oiseau. Le nombre des fleurs et des bulbilles des ombellules était très variable ainsi que leur disposition. Enfin quelques ombelles étaient presque entièrement formées de bulbilles feuillées rappelant la forme de jeunes Poireaux de semis, disposés en fouillis serré, donnant à l'inflorescence un aspect très singulier jusqu'ici inconnu chez le Poireau (*fig.* 3).

Ces faits montrent nettement la persistance et l'accentuation progressive du déclenchement provoqué dans les caractères spécifiques de cette plante par sa floraison à la lumière atténuée en 1932. Ils viennent à l'appui des variations lentes que j'ai signalées chez le Pissenlit apogame, le Topinambour greffé, etc., qui se comportent d'ailleurs comme la plupart de nos races de culture. On sait que celles-ci proviennent rarement de variations brusques, mais de modifications faibles, parfois, labiles au début, s'accentuant et se fixant progressivement par une sélection rationnelle et persévérante des individus.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Carte géologique de l'Indo-Chine française* à l'échelle du 1/2.000.000e dressée par Jacques Fromaget.

2° *Carte géologique de l'Indo-Chine française* à l'échelle de 1/500.000e, *Hué*, *Tourane*, planches et notices, par J.-H. Hoffet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les arguments des singularités des fonctions analytiques*. Note (¹) de M. **Aryeh Dvoretzky**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Soit $f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots$ et désignons par $R_1 (0 < R_1)$ son rayon de *convergence* et par R_∞ le rayon de son cercle de *méromorphie* (²)

(¹) Séance du 18 août 1937.

(²) Le cercle maximum autour de l'origine à l'intérieur duquel $f(z)$ est méromorphe.

($R_1 \leqq R_\infty \leqq \infty$). Soient s_i les pôles de $f(z)$ (avec $|s_i| < R_\infty$) rangés par ordre de modules croissants, chaque pôle étant compté avec son ordre. Le but principal de la présente Note est de donner une formule explicite pour $|\arg s_i|$. Les recherches classiques de M. Hadamard ([3]) donnent une formule explicite pour $|s_i|$; et dans le cas particulier d'un pôle simple unique sur le cercle $|z| = |s_i| < R_\infty$ une formule pour s_i lui-même.

M. Mandelbrojt ([4]) détermine min $|\arg t|$ où t est une singularité *quelconque* de $f(z)$ sur $|z| = R_1$; M. Denjoy ([5]) détermine $\min \arg t$, $\arg t > 0$. La présente Note fournit en outre une formule pour $|\arg t|$, t étant une singularité *non polaire* sur $|z| = R_\infty$. Pour le cas où le nombre des pôles *à l'intérieur* de ce cercle est fini, nous donnons aussi $\min|\arg t|$ et encore $|\arg s_i|$ pour tous les pôles s_i situés sur l'arc $|\arg z| < \min|\arg t|$ $|z| = R_\infty$.

Commençons par un théorème général concernant les ensembles de points. Soit S un ensemble *fermé* de points dans le plan complexe. S_1 désigne un sous-ensemble de S qui ne contient que des points *isolés* de S et $S_2 = S - S_1$. Faisons correspondre à tout s un nombre p_s naturel si $s \varepsilon S_1$, et $p_s = +\infty$ si $s \varepsilon S_2$. Soit $P (P \leqq \infty)$ la somme de tous les p_s.

Définition I. — Nous définissons un nombre $R_n(a)$ pour tout a complexe et tout $n (1 \leqq n \leqq P)$, par les deux propriétés

$$\sum_{|s-a| \leqq R_n(a)} p_s \geqq n; \qquad \sum_{|s-a| \leqq R_n(a) - \varepsilon} p_s < n \qquad \text{pour tout } \varepsilon > 0.$$

Soit $\sum p_s = n'$ pour $|s - a| < R_n(a)$; si $n < \infty$, on a $n' < n$ et pour $|s - a| = R_n(a)$, on a $\sum p_s \geqq n - n' \geqq 1$.

Définition II. — Nous définissons un nombre $\omega_\alpha(n, a) (0 \leqq \omega \leqq \pi)$, pour tout a complexe qui n'appartient pas à S, tout n naturel $\leqq P$ et tout $\alpha (0 \leqq \alpha < 2\pi)$, par les deux propriétés

$$\sum_{|s-a| = R_n(a);\, |\arg s - a| \leqq \omega_\alpha(n,a)} p_s \geqq n - n'; \qquad \sum_{|s-a| = R_n(a);\, |\arg s - \alpha| < \omega_\alpha(n,a)} p_s < n - n'.$$

THÉORÈME I.

$$\lim_{r \to +0} \frac{R_n(a + re^{i\alpha}) - R_n(a)}{r} = -\cos \omega_\alpha(n, a).$$

([3]) *Journal de Mathématiques*, 4e série, 8, 1898, p. 101.
([4]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1456.
([5]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1611.

On peut supposer $a = 0$, $\alpha = 0$ et démontrer que r assez petit, on a $R_n(r) \leqq |R_n(0) e^{i\omega_0(n,0)} - r|$. D'autre part on a $R_n(r) \geqq |R_n(0) - r$, et si $\omega_0(n, 0) > 0$, on a

$$R_n(r) \geqq |R_n(0) e^{i[\omega_0(n,0)-\varepsilon]} - r| \qquad \text{pour tout } 0 < \varepsilon < \omega \text{ et tout } r < r(\varepsilon).$$

Soit maintenant $f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots$ holomorphe en $z = 0$. Soit S l'ensemble de ses singularités et S_1 l'ensemble de ses pôles, p_s (pour $s \varepsilon S_1$) sera l'ordre du pôle s. En posant $l_{-1}(0) = 1$, et

$$l_k(0) = \overline{\lim_{m \to \infty}} \sqrt[m]{D_m^{(k)}[a_m]}, \qquad D_m^{(k)}[a_m] = \begin{vmatrix} a_m & a_{m+1} & \ldots & a_{m+k} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m+k} & a_{m+k+1} & \ldots & a_{m+2k} \end{vmatrix}$$
$$(k = 0, 1, 2, \ldots),$$

on peut exprimer le résultat cité de M. Hadamard sous la forme

$$R_n(0) = \frac{l_{n-2}(0)}{l_{n-1}(0)}.$$

De même, en considérant $D_m^{(k)}[f^{(m)}(re^{i\alpha})/m!]$ au lieu de $D_m^{(k)}[a_m]$, on définit $l_k(re^{i\alpha})$, d'où $R_n(re^{i\alpha})$.

Du théorème I découle alors le

THÉORÈME II.

$$\lim_{r \to +0} \frac{R_n(re^{i\alpha}) - R_n(0)}{r} = -\cos\omega_\alpha(n; 0).$$

$\omega_\alpha(n, 0)$ est la moitié de l'arc maximum symétrique par rapport à α, et tel que le nombre des pôles dans $|z| < R_n(0)$ et sur l'arc $|z| = R_n(0)$, $\arg z - \alpha| < \omega_\alpha(n, 0)$, soit $< n$.

En général,

$$0 < R_1(0) = \ldots = R_{k_1}(0) < R_{k_1+1}(0) = \ldots = R_{k_2}(0) < \ldots \qquad (k_0 = 0),$$

et l'on peut écrire tout n naturel sous la forme $n = k_\mu + \nu$, $1 \leqq \nu \leqq k_{\mu+1} - k_\mu$.

$\omega_\alpha(n, a)$ désigne alors la moitié de l'arc *ouvert* maximum symétrique par rapport à α, et qui [situé sur le $(\mu+1)^{\text{ième}}$ cercle de singularités polaires] contient encore au plus $\nu - 1$ pôles et pas d'autres singularités.

Distinguons deux cas : 1° $f(z)$ a un nombre fini de pôles à l'intérieur de son cercle de méromorphie. Alors $R_n(0) = R_\infty(0)$ pour $n \geqq n_0$. Si la singularité non polaire la plus proche du point $z = R_\infty(0)$ (sur le cercle de méromorphie) est $R_\infty e^{\pm i\varphi}$, $0 \leqq \varphi \leqq \pi$, on a $\varphi = \lim \omega_0(n, 0)$ pour $n \to \infty$.

2° $f(z)$ a une infinité de pôles à l'intérieur de son cercle de méromorphie.

Soit $\psi = \lim \omega_0(n, 0)$, pour $n \to \infty$; alors au moins l'un des deux points $R_\infty e^{\pm i\psi}$ est une singularité essentielle de $f(z)$.

Si nous ordonnons les pôles de même module d'après leur $|\arg s|$ $(0 \leqq |\arg s| \leqq \pi)$ croissants (et, le cas échéant, d'après $\operatorname{sgn}\arg s$), nous obtenons l'affixe du $n^{\text{ième}}$ pôle égal à $R_n e^{\pm i\omega_0(n,0)}$, où le signe est donné par la détermination de min k $(k=0, 1, \ldots)$, tel que $\omega_\alpha(n'+k, 0)$ pour $\alpha = \omega_0(n, 0)$.

Remarque. — Si nous remplaçons $D_m^{(k)}[f^{(m)}(re^{i\alpha})/m!]$ par $D_m^{(k)}[F_{m,q}(re^{i\alpha})]$, où $F_{m,q}(re^{i\alpha}) = \sum_{n=0}^{q} C_n^{m+n} a_{m+n} r^n e^{in\alpha}$ et $q = q(m)$ est sujet à la condition $\lim q/m = \lambda > 0$, nous obtenons pour $r < r(n)$, $[r(n) > 0]$, les mêmes valeurs de $l_n(re^{i\alpha})$ et puis de $R_n(re^{i\alpha})$ et de $\omega_\alpha(n, 0)$.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'écoulement par une vanne de fond.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Une vanne verticale, terminée par une mince paroi horizontale, à sa partie inférieure, est placée suivant une section droite rectangulaire d'un canal prismatique, à pente nulle. L'eau s'écoule par la fente de hauteur A, de largeur égale à celle du canal, qui existe sous la vanne.

Soient h_1 et h_2 les profondeurs d'eau, en amont et en aval de la vanne, dans des sections S_1 et S_2 situées assez loin pour ne pas correspondre à la zone perturbée par la présence de la vanne; soient q le débit par unité de largeur et $h = h_1 - h_2$ la différence de niveau entre les deux biefs.

Après son passage sous la vanne, la veine noyée subit une contraction caractérisée par un coefficient m; puis, après un parcours plus ou moins long, la veine s'épanouit et finit par occuper toute la hauteur de la section mouillée du canal. Il se produit donc un phénomène d'élargissement brusque qui introduit une perte de charge susceptible d'être évaluée par la formule de Borda. L'application du théorème de Bernoulli permet d'écrire, en négligeant l'influence de la répartition inégale des vitesses,

$$(1) \qquad h_1 + \frac{q^2}{2gh_1^2} = h_2 + \frac{q^2}{2gh_2^2}\left[\left(\frac{h_2}{mA} - 1\right)^2 + \frac{10}{9}\right].$$

Dans le cas où h_1 est grand vis-à-vis de A (faibles ouvertures de la vanne), on peut négliger le terme correspondant aux vitesses d'approche et écrire

$$(2) \qquad h = \frac{q^2}{2gh_2^2}\left[\left(\frac{h_2}{mA} - 1\right)^2 + \frac{10}{9}\right].$$

Enfin, dans le cas où h_2 est lui-même beaucoup plus grand que A, la formule (2) se réduit à

$$q = m\mathrm{A}\sqrt{2gh}, \tag{3}$$

c'est-à-dire à la formule habituelle des orifices. On voit, par l'exposé théorique précédent, que la formule (3), que l'on pourrait être tenté d'appliquer *a priori*, tant que la veine est noyée à l'aval, n'a de sens que pour des valeurs des tirants d'eau amont et aval grandes vis-à-vis de la levée de la vanne.

L'expérience nous a permis de vérifier ces divers points. En particulier, si l'on considère un canal de 20^{cm} de largeur, en verre, avec $\mathrm{A} = 4^{\text{cm}}$, $h_1 = 24^{\text{cm}}$, et si l'on donne à h_2 diverses valeurs, en mesurant les valeurs correspondantes du débit par unité de largeur q, on peut, à partir de la formule (2) dont tous les éléments sont connus, sauf m, évaluer ce coefficient : nous avons obtenu ainsi, pour le coefficient m, des valeurs comprises entre 0,61 et 0,64, pour des valeurs de h_2 variant de 23^{cm} à $13^{\text{cm}},5$.

Il existe, dans la section contractée, une pression h' inférieure à la pression h_2, ce qui se traduit par une dépression de la surface libre; si l'on compare h' et $h_1 - q_2/2gm^2\mathrm{A}^2$, les valeurs concordent pratiquement pour h_2 compris entre 0,23 et 0,17, puis divergent quand h_2 diminue, h' étant relativement plus faible.

Pour des valeurs de h_2 égales ou inférieures à $13^{\text{cm}},5$, la veine cesse d'être noyée à sa sortie de la vanne, et c'est seulement à une certaine distance à l'aval que se produit un ressaut permettant à l'écoulement de passer du régime torrentiel au régime fluvial. Le débit est alors pratiquement indépendant du tirant d'eau existant à l'aval du ressaut, les variations de h_2 ayant pour seule conséquence de déplacer celui-ci; le débit ne dépend alors que de h_1 et peut être évalué par la relation

$$h_1 + \frac{q^2}{2gh_1^2} = m\mathrm{A} + \frac{q^2}{2gm^2\mathrm{A}^2}, \tag{4}$$

ou encore

$$q = m\mathrm{A}\sqrt{\frac{2gh_1}{1 + \frac{m\mathrm{A}}{h_1}}}. \tag{5}$$

Celle-ci, pour les valeurs élevées de $\frac{h_1}{m\mathrm{A}}$, peut s'écrire

$$q = m\mathrm{A}\sqrt{2g(h_1 - m\mathrm{A})}, \tag{6}$$

m étant un coefficient dont la valeur, dans l'expérience ci-dessus indiquée, était de l'ordre de 0,61.

CHALEUR. — *Les courants de convection dans les expériences de conduction thermique.* Note de M. **Pierre Vernotte**, transmise par M. Aimé Cotton.

I. Nous avons examiné (¹) l'équilibre thermique d'une masse fluide plate, infiniment étendue, limitée par deux surfaces horizontales, et traversée, *de bas en haut*, par un flux de chaleur.

Pour la première fois, nous avons établi (²) la possibilité théorique d'un écoulement par conduction pure, si le flux de chaleur est suffisamment faible, propriété que lord Rayleigh n'avait fait qu'entrevoir, l'ayant déduite d'un calcul qui appelait les plus expresses réserves.

Nous avions aussi, dans ce même travail, étudié l'entretien des tourbillons cellulaires. En se reportant à nos équations, on voit que *la perturbation qui, en s'entretenant, provoque l'apparition d'une convection, rentre dans la formule générale des tourbillons cellulaires*, dont elle constitue le cas particulier ($\alpha h = 0$, $\gamma h = \pi : 2$). De sorte que, M. Bénard ayant constaté, dans ses expériences, la *disparition* des tourbillons cellulaires lorsque le liquide s'était assez refroidi pour n'être plus traversé par un flux thermique suffisant, et la théorie montrant aujourd'hui que le *changement* de régime, dans l'écoulement de la chaleur, *n'est commandé que* par l'existence des dits tourbillons, on doit considérer que la découverte expérimentale du régime *préconvectif* remonte à M. Bénard, bien qu'il n'ait pas, alors, interprété ses expériences dans ce sens.

On peut se demander si un équilibre préconvectif peut exister dans des cas moins particuliers, et *si*, par exemple, *un corps chaud*, *au sein d'un fluide, pourrait dissiper sa chaleur par conduction pure*.

Le problème semble dépasser les possibilités actuelles du calcul; mais on peut cependant l'esquisser d'une façon suffisante, en remarquant que, dans le problème de M. Bénard tel que nous l'avons traité, les conditions aux limites n'interviennent que pour fixer des valeurs numériques. Nous aurons donc le droit de faire une étude schématique *locale*, les isothermes étant alors considérées, dans une petite région, comme sensiblement rectilignes

---

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 119 et 1764; 203, 1936, p. 43 et 985.

(²) Dans notre calcul, nous avions étudié le ralentissement, sous l'effet de la viscosité, de la particule chaude, en négligeant son inertie. Cette simplification, qui rendait le calcul particulièrement immédiat, ne change rien au résultat, comme on s'en assure aisément.

et parallèles, et, par suite, la composante β du gradient de température suivant la verticale z ascendante, comme constante. La différence essentielle avec le problème de M. Bénard, c'est que (*loc. cit.*) l'accélération archimédienne n'est plus $g\alpha(\theta + \beta z)$, mais $g\alpha\theta$, la température étant uniforme au loin, tandis que le refroidissement de la particule, échauffée de θ, reste commandé par $(\theta + \beta z)$. Le mouvement vertical de la particule, dans la région considérée, est régi par une équation du troisième ordre, facile à écrire dans sa forme générale, et à discuter. On trouve que *la convection s'amorce dès les plus petits flux de chaleur*, parce qu'il y a des régions où la température croît vers le haut, ce qui ralentit le refroidissement d'une particule accidentellement échauffée, sans ralentir sa vitesse.

Le régime préconvectif est donc assez *exceptionnel*, ne pouvant exister que dans des montages assez voisins de celui de M. Bénard.

II. Aussi bien, quand on veut éviter la convection dans les mesures de conductibilité, cherche-t-on toujours sans compter sur un régime préconvectif à réaliser un *mur* chauffé par le *haut*. Nous voudrions montrer que ce dispositif classique est, en pratique, *beaucoup moins efficace* qu'on ne le pense.

Tout d'abord, il est essentiel que les deux faces, supérieure et inférieure, du mur, soient à des températures *uniformes*, sinon le problème cesserait d'être à une dimension; on aurait, *côte à côte*, des colonnes fluides à températures *différentes*, dans lesquelles, par conséquent, régneraient des pressions différentes suivant un même plan horizontal. L'équilibre mécanique ne pourrait subsister, une *convection* s'établirait. Cet inconvénient apparaîtra, en particulier, si la partie inférieure du liquide est refroidie par un courant d'eau. Car il y a, entre la paroi correspondante et l'eau du courant, une résistance thermique fonction de la vitesse locale du courant. Une *paroi* épaisse et *très conductrice* sera donc nécessaire, pour étouffer les effets de l'hétérogénéité des vitesses.

Mais, si un *corps* M, de propriétés thermiques *différentes*, est *plongé* dans le liquide, les *courants de convection*, suffisants pour appliquer à ce corps des forces mesurables (se comptant en dynes, si les dimensions du corps se comptent en centimètres), deviennent, quoi qu'on fasse, *inévitables*.

Opérons, en effet, en régime permanent. *Directement au-dessous de* M, les lignes de chaleur seront, si le corps M est, par exemple, relativement isolant, notablement moins denses que dans les régions *latérales*. La température moyenne y sera donc nettement plus basse, et l'on retombe sur le cas déjà examiné.

Opérons en régime variable, en refroidissant la partie inférieure du liquide, sans agir vers le haut. Le liquide directement placé sous M offrant, au passage de la chaleur, une épaisseur beaucoup plus faible, sera refroidi beaucoup plus vite que le liquide latéral. A un instant donné, on se trouvera donc encore dans le cas précédent.

On *ne* peut même *pas* tirer parti d'un éventuel *maximum* de densité du liquide en fonction de la température (lequel pourrait annuler certaines forces archimédiennes), puisque dans les colonnes fluides juxtaposées dont nous parlons on a *nécessairement* des distributions de température *différentes*.

Si les différences de température sont régies par la *conductibilité*, l'homogénéisation de ces températures par la convection est régie par la *dilatation* et la *viscosité*; en sorte que, les phénomènes observables dépendant, d'une façon complexe, de ces *trois* ordres de choses, il est assez difficile de comparer, *a priori*, deux liquides très différents.

On ne peut espérer atténuer ces phénomènes qu'en donnant au corps immergé un profil troublant localement aussi peu que possible l'écoulement normal de la chaleur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La précipitation du phosphate tricalcique et l'hydroxyapatite*. Note de M. **Georges Fouretier**, transmise par M. Charles Fabry.

Les nombreuses études publiées sur les phosphates de calcium précipités sont souvent contradictoires.

Dans la présente Note, nous résumons les principaux résultats que nous avons obtenus sur les phosphates très peu solubles, par deux méthodes distinctes : 1° l'analyse par voie chimique et par rayons X des précipités obtenus en mélangeant rapidement de l'acide phosphorique et de l'eau de chaux; 2° l'étude de l'évolution des précipités maintenus au contact de leur eau-mère, par enregistrement continu de grandeurs électriques appropriées.

Nous désignerons par R le rapport moléculaire CaO/P^2O^5 des produits étudiés.

1. On mélange très rapidement à l'aide de l'appareil de Jolibois [1] des

[1] *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 1095

volumes égaux d'eau de chaux saturée et d'acide phosphorique plus ou moins dilué. Suivant la concentration de l'acide employé, la composition du solide rapidement essoré varie de façon continue de $R = 2$ à $R = 3,5$; les rayons X montrent que le précipité est toujours formé d'un corps amorphe, mélangé à du phosphate bicalcique ponr $2 < R < 2,6$. Mais si l'on sépare le solide après un séjour plus ou moins long dans son eau-mère, on constate que les produits d'aspect colloïdal s'enrichissent en chaux (au bout d'un mois : $2,8 < R < 4,2$), et les rayons X montrent qu'ils acquièrent la structure microcristalline d'une apatite, toujours la même malgré la diversité des valeurs de R.

2. Nous avons fait un grand nombre d'expériences d'enregistrement

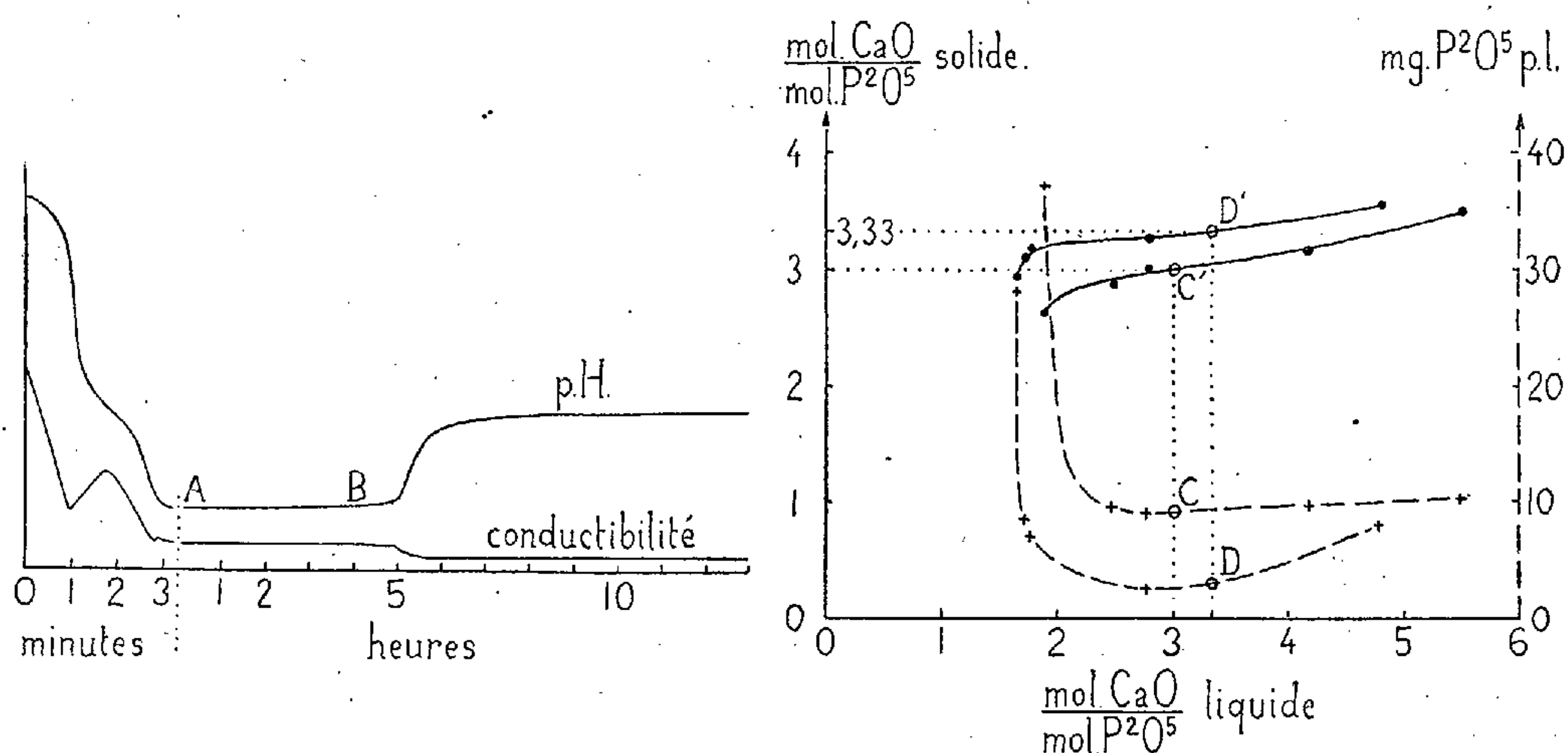


Fig. 1. Fig. 2.

continu de la conductibilité électrique et du pH ([2]), donnant des clichés tels que celui reproduit ci-dessus (*fig.* 1) : dans un ballon maintenu à $+30°$ et contenant 500^{cm^3} d'acide phosphorique M/750 régulièrement agité, on verse assez rapidement $49^{cm^3},2$ d'eau de chaux

M/50 (R global $= 2,95$);

puis on arrête l'introduction de l'acide (point A) et l'on continue lentement l'enregistrement en fonction du temps. On voit que la conductibilité et le pH de l'eau-mère restent d'abord sensiblement constants (AB), puis au bout de 5 heures évoluent rapidement pour prendre de nouvelles

([2]) Fouretier, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1689.

valeurs, le liquide devenant nettement plus acide. Une évolution analogue se produit pour d'autres proportions d'acide et de chaux, le changement se déclenchant toujours brusquement au bout de 2 à 6 heures; il en est encore de même si l'on verse l'acide dans l'eau de chaux.

On peut donc penser qu'il se forme d'abord une espèce chimique métastable, qui se transforme ensuite en une espèce plus stable.

Nos enregistrements nous ont permis de les identifier : nous pouvons déterminer la composition de l'eau-mère et calculer par différence celle du solide correspondant, à un instant quelconque. Nous avons représenté (*fig.* 2) en fonction du rapport moléculaire R du liquide la concentration en P^2O^5 de ce liquide et le R du solide correspondant, pour les deux paliers de chacun de nos clichés. Les points se placent sur des courbes régulières correspondant respectivement au précipité métastable et au corps stable; on voit que la composition du solide varie peu quand celle du liquide varie beaucoup.

Les courbes montrent nettement que le précipité métastable (C′) est du phosphate tricalcique, et que le corps plus stable (D′) est de l'apatite, $3P^2O^5.10CaO$ aq. Ces précipités colloïdaux ou très divisés adsorbent de l'acide ou de la chaux suivant que l'eau-mère est acide ou alcaline.

Le point D représente la solubilité de l'apatite (à 30° : 5^{mg} de $3P^2O^5.10CaO$ par litre), et le point C la *solubilité* du tricalcique gélatineux métastable (à 30° : 18^{mg} de $P^2O^5.3CaO$ par litre) On peut rapprocher de l'existence de ce précipité métastable le phénomène décrit par Sanfourche et Henry ([3]) sur le bicalcique hydraté, et que nous avons vérifié par enregistrement continu : de l'eau pure mise au contact d'un léger excès de phosphate bicalcique hydraté très divisé en dissout d'abord sans réaction 140^{mg} par litre (solution saturée à 30°); puis au bout d'un temps plus ou moins long l'hydrolyse se produit, le liquide devient acide et il apparaît un solide plus basique.

En résumé, nous avons montré que, par réaction de l'acide phosphorique sur l'eau de chaux, en dehors du phosphate bicalcique relativement soluble et bien connu, on obtient un précipité de phosphate neutre de calcium, colloïdal aux rayons X, qui s'hydrolyse ensuite pour donner de l'apatite hydratée très peu soluble, d'aspect colloïdal mais bien caractérisée par son diagramme X. Mais il est remarquable que le phosphate tricalcique précipité ne puisse exister à l'état pur, d'ailleurs amorphe, que dans une eau-mère de composition déterminée, et sous forme instable.

([3]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1940.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence de l'anhydride chloreux.* Note (1) de MM. **C. F. Goodeve** et **F. D. Richardson**.

M. Kantzer (2) décrit la préparation de Cl^2O^3, dont on n'avait plus parlé depuis un demi-siècle environ.

En 1842 déjà, N. A. E. Millon (3) soutint l'existence de cet oxyde; ensuite un grand nombre d'expérimentateurs, qui annoncèrent l'avoir préparé, obtinrent pour ce gaz des densités très variables. W. A. Miller (4) en 1845 et D. Gernez (5) en 1872 montrèrent que le spectre d'absorption de ce prétendu Cl^2O^3 correspondrait exactement à celui du dioxyde de chlore. En 1881, K. Gazarolli-Thurnlackh (6) montrèrent, en mesurant le volume des gaz obtenus dans la décomposition de l'oxyde, qu'il ne s'agissait pas de Cl^2O^3. On arriva, par conséquent, à la conclusion qu'il s'agissait toujours d'un mélange de dioxyde, d'oxygène et de chlore contenant aussi un peu de dioxyde de carbone quand une matière organique avait été utilisée pour la réduction.

Kantzer aurait maintenant préparé Cl^2O^3 par l'action de l'acide sulfurique concentré sur un mélange de chlorate de potassium et d'acide undécylénique, à —15°. Selon cet auteur, l'étude spectroscopique des produits gazeux de la réaction met en évidence la présence de Cl^2O^3. Vu que nous avons essayé en vain, plusieurs fois, de préparer cet oxyde par l'action d'acide sulfurique ou phosphorique concentré sur le chlorite de baryum à basse température, le travail de Kantzer nous a vivement intéressés et nous avons tenté de le reproduire.

Nous n'avons pas pu répéter l'expérience à —15°, car, à cette température, le mélange d'acide undécylénique et de chlorate faisait explosion lorsqu'on y ajoutait, même goutte à goutte, l'acide sulfurique. A —78°, il en était de même lorsque les substances solides étaient pures; par contre, la réaction s'effectuait plus tranquillement lorsqu'elles étaient mélangées à quatre fois leur poids de silice en poudre. La préparation était effectuée dans le vide et les produits de la réaction condensés dans un tube plongeant dans de l'air liquide. Le produit solide était homogène et jaune clair

---

(1) Séance du 18 août 1937.
(2) *Comptes rendus*, **155**, 1936, p. 158.
(3) *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, **7**, 1843, p. 331; *Lieb. Ann.*, **46**, 1843, p. 302.
(4) *Phil. Mag.*, 3e série, **27**, 1845, p. 87.
(5) *Comptes rendus*, **74**, 1872, p. 804.
(6) *Lieb. Ann.*, **209**, 1881, p. 184; *Ber. d. Chem. Ges.*, **14**, 1881, p. 28.

comme le dioxyde. Il fut tout d'abord distillé dans un autre tube, puis évaporé dans un tube de 16cm de long et examiné au moyen d'un spectroscope.

Lorsque la rentrée du gaz était faible, l'absorption ne dépassait pas 4180 Å, mais lorsque la pression était progressivement augmentée, des bandes de plus en plus larges apparaissaient jusqu'à 4260 Å, de sorte que le spectre apparaissait finalement continu depuis cette longueur d'onde jusqu'à 2800 Å. Les longueurs d'onde des bandes comprises entre 4260 et 4650 Å (identiques à celles des bandes que Kantzer attribue à Cl^2O^3) se trouvèrent identiques aussi à celles des bandes principales de ClO^2 étudiées par B. Kabitz (7), H. Mayer (8), C. F. Goodeve et C. P. Stein (9), W. Finklenberg et H. J. Schumacher (10) et H. C. Urey et H. Johnston (11). Cependant, quelques-unes de celles-ci manquent dans la liste de Kantzer. D'autre part, notre substance ne contenait pas Cl^2O^7, qui, d'après Kantzer, devrait se former en même temps que Cl^2O^3. Selon cet auteur, l'heptoxyde devrait également se former dans la *réaction classique* de l'acide sulfurique concentré sur le chlorate de potassium, cependant, malgré un grand nombre d'essais, nous n'avons pu déceler la formation de ce composé dans cette réaction.

Il semble donc qu'une fois de plus le dioxyde de chlore a été pris pour l'anhydride chloreux.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude géologique du massif culminant de l'Ouarsenis (Algérie).* Note (1) de M. **Léon Calembert**.

Après une vérification faite en mai dernier de mes travaux antérieurs dans le massif jurassique de l'Ouarsenis, je puis signaler succinctement les résultats nouveaux obtenus. Un mémoire exposant le sujet en détail est à l'impression.

J'ai fait le levé topographique et géologique du sommet des Monts de l'Ouarsenis, à 55km au sud-est d'Orléansville, à cheval sur les feuilles

(7) *Diss. Bonn*, 1905.
(8) *Zeit. physik. Chem.*, **113**, 1924, p. 220.
(9) *Trans. Far. Soc.*, 25, 1929, p. 738.
(10) *Zeit. physik. Chem.*, *Bodenstein Festband*, 1931, p. 704.
(11) *Physical Rev.*, 38, 1931, p. 2131.

(1) Séance du 18 août 1937.

d'Ammi Moussa et de Teniet el Haad de la carte d'Algérie au 200000[e]. D'un complexe de collines du Crétacé où dominent les marnoschistes, l'érosion a dégagé quatre pitons, dont la masse principalement calcaire et dolomitique, comprend la majeure partie des terrains jurassiques et infracrétacés, de l'Infralias à l'Hauterivien. Ce sont, du Nord au Sud, *Rokba el Atba* et *Sra Ab-del-Kader*, *Kef Sidi Amar ou Grand Pic*, *Djebel Belkaïret.*

Stratigraphie (²). — Succédant au Trias, à l'Infralias et au Lias moyen, j'ai reconnu le Lias supérieur et particulièrement la zone de transition Aalénien-Bajocien avec les fossiles suivants :

Fontannesia aurita S. Buckmann; *Pholadomya fidicula* Sow.; *Hinnites Gingensis* Waagen; *Terebratula Buckmani* var. *Buckmaniana* Walker; *Rhynconella quadriplicata* v. Zieten; *Aulacothyris carinata* Lmk sp. var. *Blakei* Walker; *Greslya* cf. *Erycina* Ag.; *Chlamys* sp.; *Camptonectes* cf. *lens. Sowerbyi; Rhynconella* sp.

Une ammonite, déterminée *Garantia bifurcata* v. Zieten du Bajocien supérieur, fait supposer que cet étage existe au complet. Le Bathonien manque ou est très réduit. Il en est de même pour la base du Malm et le Callovo-oxfordien des anciens auteurs empiétait dans la série tant sur les étages plus anciens que sur les plus récents. Il y a de fortes présomptions pour envisager un Lusitanien complet mais avec prédominance de l'Argovien comme l'indique la faune recueillie :

Peltoceras transversarium Quenstedt et *Peltoceras* cf. *Fouquei; Lytoceras polyanchomenon* Gem.; *Lytoceras* sp.; *Perisphinctes* cf. *Cobelti Neumayr; Perisphinctes* cf. *Orbignyi* de Loriol; *Perisphinctes* ou *Cymmoceras* sp.; *Phylloceras* cf. *mediterraneum* Neumayr; *Aptychus* cf. *Flamandi* Thurmann; *Aptychus cuneiformis* Ooster (non Giebel); *Aptychus* cf. *punctatus* Voltz; *Aptychus* groupe *latus* Park; *Belemnites* sp.

Je ne possède aucune preuve de l'existence de Kimeridgien mais, en sus d'arguments lithologiques, la présence de *Tithonia convexa* Catullo et de vestiges de *Térébratules perforées* me fait croire à l'existence de l'association Tithonique-Berriasien, commune dans le Tell. Les lambeaux de Néocomien s. s., plus nombreux que l'on ne pensait, abondent en fossiles. J'y ai récolté :

Astieria Sayni Kilian; *Astieria* cf. *Atherstoni* Sharpe; *Astieria convoluta* v. Koenen sp.; *Neocomites* cf. *neocomiensis* d'Orbigny; *Neocomites Occitanicus* Pict,; *Acanthodiscus* cf. *Chaperi* Pict.; *Leopoldia* cf. *biassalensis* Karak; *Thurmannia*

(²) Voir à ce sujet *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, 60, 1937, p. 208-221.

Thurmanni Pict. et Camp.; *Phylloceras* de grande taille, appartenant au groupe *tethys* ou *serum*; *Spiticeras* sp. (sous genre *Negreliceras?*) *Lytoceras* sp.; *Bochianites* sp.; *Belemnites* sp.

L'Infracétacé comporte donc le Valanginien bien caractérisé avec transition au Berriasien et à l'Hauterivien, dont peut-être le sommet fait défaut. Les autres étages du Crétacé (flysch albo-aptien, Cénomanien, etc.) ne m'ont fourni aucun renseignement paléontologique digne d'être signalé ici.

Tectonique. — Bien que l'ensemble jurassique de l'Ouarsenis se présente avec une allure en dôme au sein de terrains crétacés normalement plissés, sa tectonique se caractérise par des plissements intenses et des dislocations curieuses. Dans ses grandes lignes du Nord vers le Sud, il comporte un mouvement anticlinal (Rokba el Atba-Sra Abd-el-Kader), un synclinal intermédiaire parfois écrasé jusqu'à disparition complète, et un second pli anticlinal complètement couché au Sud (Grand Pic et Belkairet). La tendance à ennoyage vers l'Est est très nette.

De l'unité septentrionale, seul le flanc sud subsiste; généralement déversé vers le Sud, ce dernier se montre d'ailleurs très disloqué par des accidents voisins d'une direction méridienne ou sensiblement Est-Ouest (plans d'étirement). De l'anticlinal méridional il ne reste que le flanc inverse. L'ensemble constitué par le Grand Pic et ses annexes est *complètement retourné et débité en écailles imbriquées*. Entre l'écaille principale (Grand Pic) et l'écaille frontale (Belkairet), une série d'écailles moins importantes (massifs satellites) résulte de la résistance qu'a offerte aux poussées venues du Nord le front de la nappe profondément ancré dans le substratum. Le pli couché offre des preuves incontestables de *charriage :* lame de charriage pincée suivant le contact, allure différente des flyschs autochtone et parautochtone, phénomènes d'encapuchonnement; cependant, le transport vers le Sud n'est pas considérable.

A la tectonique par plissement se superpose une tectonique cassante, qui morcelle le massif entier par des failles radiales.

Age du plissement. — L'absence de terrains tertiaires ne permet pas de dater les manifestations tectoniques; on peut seulement affirmer que le paroxysme orogénique est *post-Sénonien* et que la production des grandes failles transversales lui a succédé.

Suggestions. — 1° Jointes à des arguments d'ordre différent (couches en biseau, niveaux à caractère récifal, allure *moulée* de certains contacts, etc.), les anomalies apparentes de la tectonique me font admettre une *allure lenticulaire originelle des masses calcaires*. Dans cette conception, la déforma-

tion peut s'expliquer aisément comme suit : dans une série plissée, déversée ou couchée vers le Sud, des noyaux résistants ont participé aux mouvements d'ensemble, sans déformation intérieure appréciable; au cours des phases posthumes du plissement et des réajustements provoqués par l'érosion, ils ont manifesté une certaine indépendance et ont perforé leur toit en s'écartant plus ou moins de leur assiette primitive.

2° En aucun des cas observés, il n'est nécessaire d'invoquer un rôle actif du Trias; si l'influence des terrains plastiques a opéré, je préférerais l'attribuer aux formations du flysch, à cause : *a.* de leur plasticité relative; *b.* de leur masse proportionnelle à la grandeur des phénomènes tectoniques locaux; *c.* de leur présence constante le long des dislocations majeures.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesure de la radioactivité de l'air inclus dans la couche de neige, au voisinage du sol, en montagne.* Note de M. **Hubert Garrigue**, transmise par M. Charles Maurain.

J'ai montré ([1]) que l'on trouvait à l'intérieur de l'Observatoire du Pic du Midi, à l'époque où il est couvert de neige et entre la couche de neige et le sol, en diverses crêtes ou pics secondaires proches de l'Observatoire, une accumulation d'air de forte teneur en émanation du radium; le maximum de teneur, trouvé en plusieurs points, était environ $1,0.10^{-9}$ curie par litre d'air mesuré aux conditions normales de pression et de température.

J'ai pu mettre au point un appareil très robuste et très léger qui permet de faire des mesures en montagne, dans les conditions difficiles du maximum d'enneigement ([2]). Le principe des mesures est resté le même; on évalue, par la méthode électrométrique, la valeur de l'ionisation de l'air actif prélevé dans le récipient clos de l'appareil; on déduit de cette valeur la teneur en radon de l'échantillon d'air, l'appareil ayant été étalonné au moyen d'une solution radifère.

Avec cet appareil, associé à un matériel de campement pour la haute montagne, j'ai pu commencer des mesures en différents lieux, afin de vérifier la généralité du phénomène trouvé à l'Observatoire du Pic du Midi et dans les environs immédiats.

([1]) *Comptes rendus,* **198**, 1934, p. 494; **200**, 1935, p. 414.
([2]) *Journ. de Phys.,* **7**, 1936, p. 107; *Thèse,* Paris, juin 1936, p. 62.

Le tableau suivant donne les résultats d'une série de mesures effectuées du 3 au 9 mai 1937 dans la région s'étendant du lac Bleu au Pic du Midi.

A.	Altitude.	Vent, direction et force	Temps.	Épaisseur de neige.	Profondeur de la prise d'air.	Teneur en radon (Curie/litre à 760mm et + 15°).
	m			m	m	
1...	2300	W 1	couvert	1	1	24.10^{-13} C/L
2...	2350	tourbillons	neige	2	2	681 »
3...	2340	tourbillons	neige	2	2	0,9 »
4...	2600	–	brouillard	2	2	32 »
5...	–	–	neige	2	2	7 »
6...	1951	–	beau	2	2	45 »
7...	2150	N 1	beau	1,50	1,50	11500 »
8...	1950	N 1	br., givre	4	2	58 »
9...	2300	NW 1	beau	1	1	377 »
10...	2200	NW 1	beau	1 à 4	2	162 »
11...	2250	NW 1	beau	1 à 4	2	101 »
12...	2100	–	couvert	2	2	56 »
13...	2260	NW 2	couvert	2	2	7 »
14...	2400	tourbillons	couvert	2	2	7 »
15...	2600	SE 3	beau	2	2	48 »
16...	2877	W 2	beau	4	2	465 »

A, point de prélèvement et description sommaire des abords; **1**, col arrondi, deux faces est et ouest enneigées; **2**, vallée encaissée entre le lac d'Oncet et la vallée sud-est du lac Bleu, sommet d'un mammelon dans le creux de la vallée; **3**, même vallée, creux; **4**, col à l'extrémité de la vallée sud-est du lac Bleu; face est très enneigée (corniches); **5**, pente est du lac Bleu; **6**, couche de névé du lac Bleu; **7**, mammelon côté nord du lac Bleu, prélèvement sur le côté sud; face nord abrupte; **8**, pente ouest du pic Montaigu; **9**, pic Montaigu, corniche; face ouest déneigée; **10**, corniches sud du pic Montaigu; face est enneigée; **11**, mêmes lieux; **12**, vallon côté ouest du pic du Midi; **13**, base à pics ouest du pic du midi; **14**, ravin enneigé du pic du Midi, très raide; **15**, sommet de ce ravin, face sud-ouest déneigée; **16**, pic du midi, côté nord-ouest déneigé.

Les résultats exprimés dans ce tableau confirment l'hypothèse de l'action prédominante des vents sur la circulation du radon dans la masse de la montagne et son accumulation sous la couche de neige ([2]) : la teneur en radon de l'air inclus dans la couche de neige, au voisinage du sol, sur une crête, un col, un pic, est élevée lorsque le vent souffle sur la face la plus abrupte (la moins enneigée) de la montagne.

L'interprétation des résultats de mesures dans le creux des vallées et sur les pentes de la montagne est plus incertaine.

Il convient d'étendre ces recherches en d'autres massifs montagneux, ainsi que sur les plaines enneigées.

MYCOLOGIE. — *Nouvelles observations statistiques et mycologiques sur les teignes humaines au Maroc.* Note [1] de M. **Maurice Langeron**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

J'ai fait connaître [2] les premières données fournies par l'étude d'une partie (308 souches) du matériel récolté au Maroc occidental français sur environ 3000 enfants teigneux. Actuellement l'étude de ce matériel (1746 souches) est achevée : les résultats obtenus complètent et précisent les faits déjà constatés et permettent d'envisager les grandes lignes de la répartition des dermatophytes au Maroc.

La proportion des *trichophyties endothrix*, par rapport au favus, se trouve notablement augmentée : elle dépasse 20 pour 100 du total des cas, mais reste encore de moitié inférieure au chiffre trouvé par Baeza au Maroc espagnol.

La répartition géographique de ces trichophyties est très caractéristique : elles n'existent pas dans certaines localités du versant nord ou nord-ouest du Moyen Atlas (Khenifra, El Kbab, Ifrane) ou du versant nord du Grand Atlas (Midelt); elles sont rares dans l'Anti-Atlas (10 cas sur 89) et surtout au Tafilalet (5 cas sur 283). Au contraire, elles dominent à peu près exclusivement (50 à 100 pour 100 des cas) dans les villages du Grand Atlas qu'il m'a été donné de visiter (Anefgou, Tighrist, Tighermine, Massou, tous situés aux environs de 2500^{m} d'altitude). Elles sont nombreuses (20 à 30 pour 100 des cas) dans les populations scolaires urbaines, soit au Nord (Fez, Meknes), soit sur le littoral atlantique (Rabat, Salé, Casablanca, Mogador, Mazagan); soit dans l'intérieur (Marrakech, Settat, Ber Rechid, Ben Ahmed). Elles sont produites presque toujours par le *Trichophyton violaceum*, rarement par sa variété *glabrum* (15 fois sur 257 cas).

Leur répartition ne paraît liée ni à l'altitude, puisqu'on les trouve aussi

---

(1) Séance du 18 août 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 372.

bien en plaine qu'à 2500^{m}, ni au genre de vie sédentaire ou nomade. Au point de vue ethnique, mes constatations sont en discordance avec l'opinion généralement admise que *T. violaceum* est surtout répandu parmi les israélites. Ainsi, à Meknes, je n'ai trouvé au mellah qu'un cas sur 165 teigneux, alors que les écoles coraniques m'ont fourni 10 cas sur 60. A Fez, j'ai trouvé la proportion de 10 pour 100 des teigneux dans les écoles rabbiniques et 20 pour 100 dans les écoles coraniques; à Marrakech, 6 pour 100 (mellah) et 28 pour 100 (musulmans); à Mogador, 8 pour 100 et 35 pour 100; à Mazagan la proportion est renversée (50 pour 100 chez les teigneux juifs et 30 pour 100 chez les musulmans); à Casablanca, les écoliers musulmans sont fortement atteints, avec 50 à 60 pour 100 des cas de teignes, alors que chez les vagabonds musulmans le pourcentage n'est que de 4 pour 100.

Il s'est confirmé que le *favus* à *Achorion schönleini* classique est rare dans le Maroc occidental français (34 cas sur 1337, répartis surtout dans le Moyen Atlas et le Tafilalet).

La distribution du *favus* à *Achorion* du type *milochevitchi* est très particulière; à peu près nul dans l'Anti-Atlas, le Moyen et le Grand Atlas et le Tafilalet, où il est remplacé par les types *debueni* et *brumpti*, il domine (80 à 90 pour 100 des cas de favus), non seulement sur le littoral atlantique sud (Mogador, Mazagan, Casablanca), mais encore dans l'intérieur, à Marrakech et Settat. Dans les villes du nord (Fez, Meknes, Rabat, Salé) ou du centre (Kasba Tadla), il est encore largement représenté par environ 25 pour 100 des cas de favus. Avec un total de 354 cas sur 1337 favus, il couvre donc toute la zone basse (0 à 500^{m}) occidentale, située entre les lignes Rabat-Meknes-Fez au Nord et Mogador-Marrakech au Sud et peuplée en immense majorité de sédentaires arabophones. Il ne paraît pas avoir de tendance à monter, même sur les premiers gradins du Moyen ou du Grand Atlas. Ce type, mycologiquement si distinct, est donc une forme atlantique et bien proprement marocaine, puisque le Maroc atlantique, encadré par le Rif, le Moyen Atlas et le Grand Atlas, est considéré par les géographes comme le Maroc essentiel.

Les types *debueni* et *brumpti* sont à peu près absents du domaine atlantique sud. Ils occupent toute la zone peuplée de petits nomades berbérophones ou bilingues, de race chaouia ou beraber, limitée au Nord par le parallèle Rabat-Meknes-Fez-Taza. Cette zone couvre la majeure partie du Moyen Atlas, le Grand Atlas central et le Tafilalet; son altitude ne descend pas au-dessous de 500^{m} et peut dépasser 2000^{m}, avec des sommités

culminant à plus de 3500m. Sur 1337 cas de favus, j'ai isolé 571 *debueni* (plus de 50 pour 100) et 249 *brumpti* (environ 20 pour 100). Le type *pittalugai* appartient à peu près à la même zone, où il ne joue qu'un rôle effacé; il est surtout représenté à Fez, Meknes et Ksar es Souk (117 cas sur 1337, soit environ 10 pour 100). Le type *talicei* est encore moins important (12 cas sur 1337, soit environ 1 pour 100; localisés surtout à Fez, Meknes, Kasba-Tadla).

Ces chiffres montrent qu'au Maroc occidental la distribution des divers types mycologiques de favus paraît liée d'une part à l'orographie et à l'influence atlantique, d'autre part aux groupes ethniques qui dépendent, eux aussi, de ces facteurs physiques.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action de l'hormone femelle sexuelle chez les Reptiles.* Note (¹) de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des expériences relatives à l'action des hormones sexuelles sur l'embryon de poulet et de cobaye ont suggéré quelques nouvelles conceptions dans le domaine de l'histogénèse. L'embryon de poulet mâle et celui de cobaye femelle (tous deux à constitution sexuelle homochromosomique) possèdent, à un stade jeune, une plasticité sexuelle remarquable. Ils se comportent, à cette période, comme un castrat et réagissent promptement à l'hormone du sexe opposé. Susceptible d'une inversion sexuelle hormonale, le jeune embryon homochromosomique supporte mal l'introduction de l'hormone de son propre sexe, qui s'est montrée toxique pour l'embryon de poulet et mortelle pour l'embryon de cobaye. Or, en cas de survie, l'embryon de poulet des deux sexes réagit promptement à l'hormone mâle et édifie une crête énorme.

L'embryon de poulet femelle et celui du cobaye mâle (tous deux à constitution sexuelle hétérochromosomique) semblent, durant la réalisation de leur histogénèse particulière, déverser dans leur circulation un excès d'hormones spéciales élaborées : chez le poulet femelle, la folliculine inhibe le développement de la gonade droite; chez le cobaye, l'hormone mâle évoque, dans l'embryon femelle (cas du *free-martin*), l'édification d'un groupe d'organes mâles.

(¹) Séance du 9 août 1937.

Dans les deux classes animales examinées, l'hormone du sexe hétérochromosomique est inoffensive pour l'embryon des deux sexes. Elle conditionne, dans l'embryon homochromosomique, des différenciations sexuelles

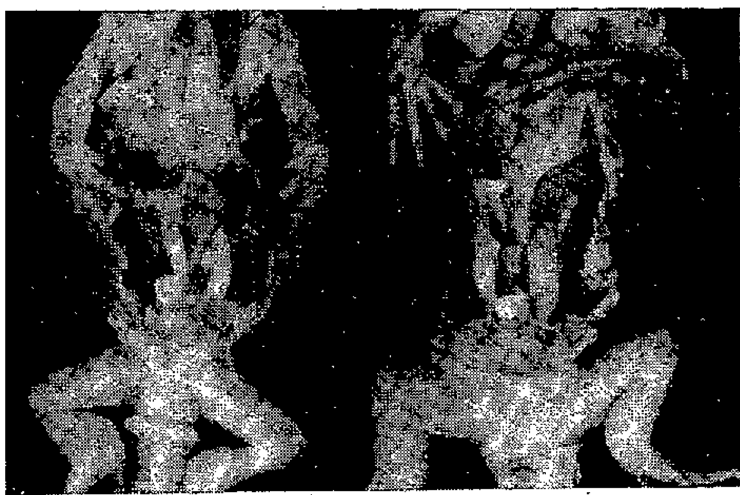


Fig. 1. Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

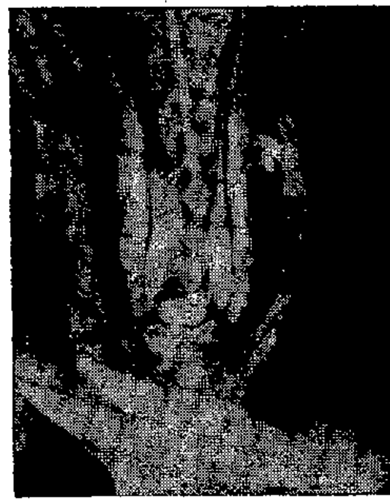


Fig. 6.

Fig. 1. Ébauches testiculaires, sacs péniens et absence d'oviductes chez un mâle, une semaine avant l'éclosion. — Fig. 2. Ébauches ovariennes, bandelettes semi-transparentes des oviductes, absence de sacs péniens chez une femelle, une semaine avant l'éclosion. — Fig. 3. Femelle normale, 3 jours après l'éclosion : les bandelettes des oviductes restent minces, aplaties et semi-transparentes. — Fig. 4 et 5. Mâle et femelle précocement folliculinisés et prélevés une semaine avant l'éclosion : les oviductes dans les deux sexes se présentent sous la forme d'épaisses bandelettes : une dissection macroscopique n'a pu révéler les sacs péniens dans le sexe mâle. — Fig. 6 : Mâle folliculinisé, 3 jours après l'éclosion : ses oviductes sont des bandelettes énormes et sinueuses, à pochettes bombées.

qui se réalisent spontanément dans l'embryon hétérochromosomique; elle est dominante, électivement stimulante et organisatrice.

La portée générale du code sexuel que nous avons tenté de déchiffrer, ne peut être mise en lumière que par de nouvelles expériences sur d'autres classes d'animaux. Chez les Reptiles comme chez les Oiseaux, la constitu-

tion hétérochromosomique appartient à la femelle; se comportent-ils, à l'égard des hormones sexuelles, comme les Oiseaux?

Le Lézard porte 8 ou 10 œufs, tous au même stade. Il faut les extraire des oviductes pour avoir des stades suffisamment jeunes. L'embryon supporte bien l'injection et éclot facilement. Une goutte de solution huileuse, contenant $0^{mg},05$ de folliculine, est introduite sous l'aire embryonnaire; on la reconnaît encore, à l'éclosion, immédiatement sous la membrane vitelline, au contact du corps de l'embryon : elle est transparente et contraste fortement avec l'aspect opaque du vitellus. Après l'éclosion, la goutte d'hormone est englobée, avec le sac vitellin, dans l'abdomen de l'animal.

Les effets décisifs déployés dans l'embryon nous montrent qu'une quantité minime de la substance chimique active a dû être transportée dans l'embryon et a évoqué, chez le mâle, des différenciations tissulaires réalisées normalement dans le sexe femelle.

Un groupe varié et coordonné de tissus subit, dans l'embryon mâle, les effets de l'hormone femelle. Ce sont les ébauches des oviductes, les gonades et les ébauches des deux sacs péniens. Les ébauches des oviductes sont fortement stimulées; la formation des sacs péniens est inhibée; le développement des gonades subit des perturbations essentielles.

Ce sont les effets sur les tissus somatiques qui sautent aux yeux. Normalement, les conduits de Müller, chez le Lézard, montrent une évolution lente et très semblable dans les deux sexes, mais persistent et subissent une évolution progressive uniquement dans le sexe femelle (*fig.* 2 et 3), alors que, dans le sexe mâle, ils se désagrègent et disparaissent vers l'éclosion (*fig.* 1). Or, après une injection précoce de folliculine, tous les animaux mâles (*fig.* 4 et 6) et femelles (*fig.* 5) possèdent à l'éclosion, deux beaux oviductes, bien plus forts que chez une femelle normale (cf. *fig.* 3 et 6). Tout aussi frappants sont les effets de la folliculine relativement à la formation des pénis dans le sexe mâle. Ceux-ci, chez un embryon mâle, se présentent sous la forme de deux sacs symétriques à l'extrémité caudale du cloaque (*fig.* 1). Ces sacs péniens font défaut dans le mâle folliculinisé (*fig.* 4).

L'hormone femelle évoque donc, dans un embryon mâle de lézard, des proliférations électives, et ceci s'accorde admirablement avec les notions d'histogenèse sexuelle, formulées à la suite d'expériences sur les Oiseaux et les Mammifères. Chez les Reptiles, où le sexe *homochromosique* est

mâle, l'embryon mâle s'est montré *plastique* et a réagi promptement au *stimulus de la folliculine introduite*, qui, pour le Lézard, est *l'hormone du sexe hétérochromosomique*. Cette substance chimique, toujours en relation intime avec l'histogenèse *femelle*, réalise celle-ci chez l'embryon mâle de l'Oiseau et du Lézard. Électivement *stimulante* et *organisatrice*, elle conditionne, chez le Lézard, *l'édification des oviductes* et *arrête*, dans le sexe mâle, le développement spontané des *ébauches péniennes*.

La séance est levée à $15^h 10^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1937.

Correspondance scientifique de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, XVIIIe siècle, 1766-1782. Moscou, Académie des Sciences de l'U. R. S. S., 1937; 1 vol. 26 cm (en langue russe).

IIe Congrès mondial du pétrole. *Nomenclature des termes techniques de l'industrie du pétrole* (allemand-anglais-français). Paris, Secrétariat général, 1937; 1 vol. polycopié 31cm,5 (présenté par M. L. de Broglie).

Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle, nouvelle série. *Étude des Saturnioïdes normaux, famille des Saturniidés*, par E. L. BOUVIER, tome troisième, fascicule unique. Paris, Éditions du Muséum, 1936; 1 vol. 28cm.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. *La combustion détonante dans les moteurs à explosion*, par MAX SERRUYS. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 27cm.

Annales roumaines de mathématiques. Cahier 1. *La géométrie du triangle*, par TRAJEAN LALESCO. Deuxième édition. Bucarest, Imprimeries de l'État et Paris, Librairie Vuibert, 1937; 1 fasc. 23cm,5.

Harvard Tercentenary Publications. *The Tercentenary of Harvard College, a chronicle of the Tercentenary year* (1935-1936). Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1937; 1 vol. 24cm (en langue anglaise).

Annales hydrographiques, in *Service hydrographique de la Marine*, tome quatorzième, 3e série, années 1935-1936. Paris, Imprimerie Nationale, 1937; 1 vol. 25cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AOUT 1937.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉODÉSIE. — *Mesures de gravité en Normandie et en Bretagne.* Note [1] de M. **Pierre Lejay.**

Le tableau ci-après donne les résultats de nos mesures de gravité en 21 stations de Normandie et de Bretagne, faites avec deux pendules : le gravimètre n° 42 *bis*, qui nous a servi dans nos campagnes précédentes, et le n° 510 *bis*, qui venait d'être achevé par Holweck et qui nous était confié pour essai.

L'étalonnage de ce dernier instrument n'a pu être fait que postérieurement à la campagne, par des mesures à Paris (Breteuil, $g = 980,941$) et à Ksara ($g = 979,428$) qui nous ont conduit à adopter la formule

$$g = 984,790 - \frac{42,414}{T^2},$$

où T est la demi-période.

La détermination des corrections de température, faite provisoirement à Paris, a été refaite avec une précision plus grande à Zi ka wei par Chan Hung Chi; cette correction est, aux environs de 20°, de $-17,55$ milligals par degré centigrade.

Avec ces données, les valeurs obtenues aux stations de vérification sont satisfaisantes : à Edimbourg, nous avons trouvé $g = 981,582$, tandis que Jolly admet $g = 981,578$; à Istamboul, $g = 980,318$, tandis que le pendule 42 *bis* nous y a donné $g = 980,316$; à Beyrouth, $g = 979,690$,

(1) Séance du 23 août 1937.

Stations.	Lat.	Long. Greenw.	Alt.	δ.	Date 1936.	g.	g_0.	g_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Δ_{42}.	Δ_{510}.
Caen..........	49°11′,1	0°22′	8^{m}	2,6	6 VII	981^{g},009	981^{g},012	981^{g},011	980^{g},993	19^{mg}	18^{mg}	981^{g},006	6^{mg}	5^{mg}	0^{mg}	—1^{mg}
Carentan......	49.18.3	1.14,8	10	2,6	8 »	981,030	981,033	981,032	981,003	30	29	981,016	17	16	0	+1
Barfleur.......	49.42	1.15,6	12	2,6	8 »	981,028	981,032	981,030	981,039	— 7	— 9	981,052	—20	—22	—1	0
Jobourg.......	49.41,3	1.54,1	*175*	2,6	10 »	981,016	981,069	981,050	981,038	31	12	981,051	18	— 1	—1	0
Coutances.....	49. 2,6	1.26,6	*92*	2,6	10 »	980,989	981,017	981,006	980,980	37	26	980,993	24	13	0	0
Avranches.....	48.40,8	1.21,8	90	2,6	11 »	980,944	980,971	980,961	980,948	23	13	980,961	10	0	—1	+1
Ponfarcy.......	48.56,1	1. 2,2	65	2,6	12 »	980,972	980,992	980,984	980,971	21	13	980,984	8	0	0	0
Rennes........	48. 6,8	1.41,2	35	2,6	20 »	980,915	980,925	980,921	980,896	29	25	980,909	16	12	+1	0
Le Minihic.....	48.34,6	2. 0,2	*30*	2,6	21 »	980,938	980,947	980,944	980,938	9	6	980,951	— 4	— 7	—1	+1
Saint-Brieuc...	48.30,7	2.45,2	99	2,6	22 »	980,945	980,975	980,964	980,932	43	32	980,945	30	19	0	0
Trestraou......	48.49,1	3.27,5	20	2,7	26 »	980,975	980,981	980,979	980,960	21	19	980,973	8	6	0	—1
Morlaix........	48.34,8	3.49,8	25	2,6	27 »	980,958	980,965	980,963	980,938	27	25	980,951	14	12	0	+1
Kervenez.......	48.27,7	4.17,5	*112*	2,6	29 »	980,941	980,975	980,962	980,928	47	34	980,941	34	21	+2	—2
Kersaint.......	48.34,4	4.42,6	25	2,7	29 »	980,957	980,965	980,962	980,938	27	24	980,951	14	11	+1	—1
Kervenez.......	48.27,7	4.17,5	*112*	2,6	29 »	980,942	980,976	980,963	980,928	48	35	980,941	35	22	0	+1
Pointe de Raz..	48. 2,4	4.43,8	73	2,7	30 »	980,909	980,931	980,923	980,890	41	33	980,903	28	20	—1	+1
Rosporden.....	47.57,6	3.49,5	118	2,6	30 »	980,872	980,908	980,894	980,883	25	11	980,896	12	— 2	—1	+1
Hennebont.....	47.48,6	3.16,8	22	2,6	31 »	980,876	980,882	980,880	980,869	13	11	980,882	0	— 2	—1	+1
Porhman.......	48. 0,0	2.47,6	108	2,6	1 VIII	980,887	980,920	980,909	980,887	33	22	980,900	20	9	+1	—2
Muzillac.......	47.33,4	2.29,0	12	2,6	3 »	980,843	980,847	980,845	980,847	0	— 2	980,860	—13	—15	0	—1
Rostrenen......	48.14,1	3.20,4	217	2,6	3 »	980,888	980,954	980,930	980,908	46	22	980,921	33	9	0	0

exactement la même valeur que celle que nous trouvions avec le 42 *bis* et le 622.

Appliquant les mêmes formules à notre campagne de France, nous avons remarqué que les valeurs obtenues avec ce pendule concordaient bien, soit à 1 ou 2 milligals près, avec celles que nous donnait le 42 *bis*, dans toutes les stations où la température était stable, mais que des différences systématiques apparaissaient dans toutes les stations où la température avait varié pendant les mesures. L'écart entre les résultats donnés par les deux instruments était sensiblement proportionnel à la vitesse de variation de température. Nous avons déjà signalé ce fait, constaté également par J. Lagrula : le pendule isolé dans le vide s'équilibre plus lentement que le thermomètre avec la température extérieure. Aussi, dans les calculs de notre campagne de Syrie, pour laquelle nous disposions de deux pendules, dont un avait un coefficient thermique nul, avions-nous ajouté à la correction de température du second une correction supplémentaire pour *la variation* de température. L'accord entre les deux instruments était alors presque parfait en toutes les stations.

Cette influence des variations de température au cours des mesures est encore plus nette dans la campagne discutée ici, car nos deux pendules ont des coefficients thermiques opposés et celui du 510 est assez grand. En appliquant au pendule 42 la même correction supplémentaire que pour la campagne de Syrie, soit 1 milligal par degré par heure, et au 510 *bis* une correction trois fois plus grande en sens inverse (son coefficient thermique étant trois fois plus grand), on constate un très bon accord des résultats obtenus avec les deux instruments aux stations communes. Pour s'en rendre compte, il suffit de considérer les nombres des deux dernières colonnes du tableau ci-contre, où l'on donne les écarts entre les valeurs données par chacun des pendules et la valeur adoptée : ces écarts sont de l'ordre du milligal.

Nous trouvons une justification de cette correction dans le fait qu'aux stations où des mesures ont été faites dès la mise en place des instruments, avant que leur température ait pu être changée sensiblement par celle du local où ils venaient d'être introduits, les valeurs déduites des premières mesures étaient précisément celles qu'on obtenait dans la suite lorsque la température des pendules commençait à changer, en appliquant la correction.

En pratique, les valeurs conclues pour g au cours de cette campagne ne sont modifiées que d'un milligal pour un certain nombre de stations; les

corrections appliquées aux deux pendules étant petites et de signes contraires s'éliminent en partie dans la moyenne. Mais en les négligeant, lorsqu'on travaille avec un seul pendule ou avec des pendules dont les coefficients thermiques sont de même signe, des erreurs de plusieurs milligals sont possibles. Dans le cas où un pendule a un coefficient thermique fort, comme le 510 *bis*, il y a intérêt à enfermer l'instrument pendant les mesures dans une enceinte calorifugée à laquelle il est facile, si l'on dispose d'une batterie d'accumulateurs, d'ajouter un dispositif de chauffage. Un ensemble de ce genre a été réalisé et a donné récemment, au cours d'une longue campagne, entière satisfaction.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes qui sont leurs propres inverses isogonales par rapport à un triangle.* Note [1] de M. **André Haarbleicher**, transmise par M. Maurice d'Ocagne.

I. Définitions. — On sait que la transformation par inversion isogonale par rapport à un triangle est une transformation quadratique. Une courbe d'ordre n a, en général, pour transformée une courbe d'ordre $2n$: le degré de la transformée est abaissé chaque fois que la première courbe passe par un sommet du triangle. Une courbe peut être confondue avec sa transformée ; on l'appellera *courbe auto-inverse isogonale*.

Lorsque [2] le centre d'une conique qui varie en restant inscrite dans un triangle décrit une courbe Q d'ordre n, le lieu des quatre foyers de la conique est une courbe Θ d'ordre $3n$, qui a pour points multiples d'ordre n les sommets du triangle et les points cycliques et pour directions asymptotiques non isotropes celles de la courbe Q. On appellera la courbe Q *courbe primaire* et la courbe Θ *courbe dérivée*. Toute courbe auto-inverse isogonale est ou une courbe Θ complète, ou une partie de courbe Θ lorsque

(1) Séance du 18 août 1937.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 729.

celle-ci se décompose en deux ou plusieurs courbes auto-inverses isogonales.

II. Théorèmes. — 1° *Toute courbe d'ordre p auto-inverse isogonale par rapport à un triangle a les sommets du triangle pour points d'ordres q, r, s tels que* $q+r+s=p$.

La courbe ne passe pas nécessairement par les trois sommets du triangle : une ou deux valeurs q, r, s peuvent être nulles, la somme restant égale à p.

2° *Toute courbe auto-inverse isogonale par rapport à un triangle qui a les points cycliques pour points multiples d'ordre p a p foyers doubles situés sur le cercle circonscrit au triangle.*

Lorsque la courbe est une courbe Θ complète d'ordre $3n$ (n° I), les foyers doubles sont les n points d'intersection de la courbe Θ et du cercle circonscrit au triangle autres que les sommets du triangle et les points cycliques.

Les foyers doubles sont les foyers des paraboles du faisceau de coniques défini au n° I.

3° *Lorsque la courbe primaire a l'un des centres* (I) *de cercle inscrit ou exinscrit au triangle comme point simple ou point multiple d'ordre p, la courbe dérivée a ce point* (I) *pour point double ou pour point multiple d'ordre* $2p$ *et les tangentes en ce point sont deux à deux rectangulaires.*

4° *Chaque asymptote de la courbe primaire est équidistante de l'asymptote parallèle de la courbe dérivée et du foyer double correspondant.*

Ces théorèmes permettent, une courbe quelconque étant donnée, d'examiner s'il existe des triangles par rapport auxquels elle est auto-inverse isogonale et de déterminer ces triangles.

III. Cas particuliers. — 1° *Cubique circulaire auto-inverse isogonale.* — Lorsque la courbe primaire est une droite Q, la courbe dérivée est une cubique circulaire.

Le lieu des foyers des coniques inscrites dans un triangle dont le centre parcourt une droite est une cubique circulaire circonscrite au triangle.

Le foyer double F *est situé sur la cubique :* c'est le quatrième point d'intersection à distance finie de la cubique et du cercle circonscrit au triangle.

La droite Q *est équidistante du foyer double et de l'asymptote non isotrope de la cubique.*

Le lieu des foyers des coniques inscrites dans un quadrilatère est une cubique de cette nature.

Réciproquement, *toute cubique circulaire dont le foyer double est situé sur la courbe est auto-inverse isogonale par rapport à tout triangle formé par les trois autres points d'intersection à distance finie de cette cubique, avec un cercle quelconque passant par le foyer double.*

Pour tous ces triangles, la courbe primaire Q *est la même droite : la parallèle à l'asymptote de la cubique équidistante de cette asymptote et du foyer double.*

2° *Strophoïde.* — Lorsque la droite primaire Q passe par le centre d'un cercle inscrit ou exinscrit au triangle, la cubique circulaire a ce point pour point double et les tangentes y sont rectangulaires (n° II, 3°). C'est la définition de la strophoïde.

Le lieu des foyers des coniques inscrites dans un triangle dont le centre parcourt une droite passant par le centre d'un cercle inscrit ou exinscrit au triangle est une strophoïde.

Dans la génération habituelle de la strophoïde par deux points d'une droite pivotant autour d'un point F, ce point F est le foyer double.

Corollaires du n° III, 1° : Si, par le foyer double de la strophoïde on fait passer un cercle quelconque qui coupe la strophoïde en trois autres points à distance finie Q_1, Q_2, Q_3,

a. la strophoïde est auto-inverse isogonale par rapport à tout triangle $Q_1 Q_2 Q_3$ *ainsi formé;*

b. le point double de la strophoïde est le centre d'un cercle inscrit ou exinscrit à tout triangle $Q_1 Q_2 Q_3$.

La condition nécessaire et suffisante pour que le lieu des foyers des coniques inscrites dans un quadrilatère soit une strophoïde, est que le quadrilatère soit circonscriptible à un cercle. Le point double de la strophoïde est le centre du cercle.

3° *Courbe des trois barres.* — Le théorème sur les foyers doubles de la courbe des trois barres est l'application à cette courbe du théorème II, 2°; *la courbe des trois barres*, étant auto-inverse isogonale par rapport au triangle formé par ses trois points doubles et ayant les points cycliques pour points triples, *a trois foyers doubles situés sur le cercle passant par les trois points doubles.*

THÉORIE DES GROUPES. — *Théorèmes sur les groupes infinis*. Note [1] de MM. **W. K. Turkin** et **P. E. Dubuque**, présentée par M. Émile Borel.

Un groupe contenant un nombre infini d'éléments s'appelle groupe infini. Dans le présent travail, nous nous bornons à examiner les groupes infinis dont tous les éléments peuvent être exprimés comme produit d'un nombre fini d'éléments générateurs du groupe. Formulons avant tout le résultat suivant :

Théorème I. — *Soient* $\mathfrak{H}$ *et* $\mathfrak{F}$ *deux groupes arbitraires qui satisfont à la condition* $\mathfrak{H}\mathfrak{F} = \mathfrak{F}\mathfrak{H}$, *ainsi que* $\mathfrak{H}\mathfrak{F} = \mathfrak{A}$ soit aussi un groupe. *Soit ensuite un groupe* $\mathfrak{G}$ *provenant de l'addition à* $\mathfrak{A}$ *d'un nouvel élément générateur* $\mathcal{P}_1$. *Si l'élément* $\mathcal{P}_1$ *est d'un ordre fini et figure au groupe* $\mathfrak{G}$ *dans une classe d'éléments conjugués d'un ordre fini, le groupe* $\mathfrak{G}$ *se décompose, dans le développement d'après le double module* $(\mathfrak{H}, \mathfrak{F})$, *en un nombre fini de systèmes.*

Notons les parties essentielles de la démonstration : désignons les éléments des groupes $\mathfrak{H}$ et $\mathfrak{F}$ par $\mathcal{H}$ et $\mathcal{F}$ avec un indice, l'ordre de l'élément $\mathcal{P}_1$ par α et les éléments conjugués de $\mathcal{P}_1$, dans le groupe $\mathfrak{G}$, par $\mathcal{P}_2, \mathcal{P}_3, \ldots, \mathcal{P}_n$. Chaque élément du groupe $\mathfrak{G}$ peut être présenté sous la forme

$$(1) \qquad \mathcal{H}_a \mathcal{P}_1^{\alpha_1} \mathcal{F}_b \mathcal{P}_1^{\alpha_2}, \quad \ldots, \quad \mathcal{H}_{a+q} \mathcal{P}_1^{\alpha_{k+q+1}} \mathcal{F}_{b+k},$$

de manière que k et q soient des nombres finis, quelques-uns des éléments $\mathcal{H}_i$ ou $\mathcal{F}_j$, ou même tous ces éléments pouvant être égaux à l'unité et pour tous les i $(\alpha_i \leqq \alpha)$.

Nous remarquons que $\mathcal{P}_i \mathcal{H}_l = \mathcal{H}_l \mathcal{H}_l^{-1} \mathcal{P}_i \mathcal{H}_l = \mathcal{H}_l \mathcal{P}_{i_1}$, où $\mathcal{P}_i$ est un élément arbitraire de la classe $\mathcal{P}_1, \mathcal{P}_2, \ldots, \mathcal{P}_n$ et $\mathcal{P}_{i_1} = \mathcal{H}_l^{-1} \mathcal{P}_i \mathcal{H}_l$ est évidemment un élément appartenant à la même classe.

Par analogie, $\mathcal{F}_m \mathcal{P}_j = \mathcal{F}_m \mathcal{P}_j \mathcal{F}_m^{-1} \mathcal{F}_m = \mathcal{P}_{j_1} \mathcal{F}_m$. En profitant de cela, nous ramenons l'expression (1) à la forme

$$(2) \qquad \mathcal{H} \mathcal{P}_r \mathcal{P}_s \ldots \mathcal{P}_t \mathcal{F},$$

où $\mathcal{H}$ et $\mathcal{F}$ sont des éléments appartenant respectivement aux groupes $\mathfrak{H}$ et $\mathfrak{F}$ et où $\mathcal{P}_r, \mathcal{P}_s, \ldots, \mathcal{P}_t$ sont des éléments conjugués avec $\mathcal{P}_1$. Il n'est pas difficile de montrer que le produit

$$(3) \qquad \mathcal{P}_r \mathcal{P}_s \ldots \mathcal{P}_t$$

---

[1] Séance du 12 juillet 1937.

peut être ramené à la forme

(4) $$\mathfrak{T}_1^{\beta_1}\mathfrak{T}_2^{\beta_2}\ldots\mathfrak{T}_n^{\beta_n}$$

et l'expression (2) à la forme

$$\mathfrak{H}\mathfrak{T}_1^{\beta_1}\mathfrak{T}_2^{\beta_2}\ldots\mathfrak{T}_n^{\beta_n}\mathfrak{F},$$

où, pour tous les i, $\beta_i \leqq \alpha$.

Comme n et α sont des nombres finis, le nombre des éléments de la forme (4) est fini. En résumé nous arrivons à la conclusion que chaque élément du groupe $\mathfrak{G}$ peut être présenté sous la forme $\mathfrak{H}\mathfrak{T}\mathfrak{F}$, de telle sorte que le nombre des éléments $\mathfrak{T}$ soit fini. Dans le cas particulier où l'un des groupes $\mathfrak{H}$ et $\mathfrak{F}$, par exemple le groupe $\mathfrak{F}$, se réduit à l'unité, on peut formuler la proposition suivante :

Théorème II. — *Soit $\mathfrak{H}$ un groupe arbitraire et $\mathfrak{G}$ un groupe obtenu par l'addition à $\mathfrak{H}$ d'un nouvel élément générateur $\mathfrak{T}_1$. Si l'élément $\mathfrak{T}_1$ est d'ordre fini et figure au groupe $\mathfrak{G}$ dans une classe des éléments conjugués d'ordre fini, $\mathfrak{H}$ est sous-groupe d'indice fini du groupe $\mathfrak{G}$.* Ce théorème est équivalent à la proposition suivante démontrée par A. P. Dietzmann (²) :

Si $\mathfrak{M}$ est un ensemble d'éléments générateurs du groupe $\mathfrak{G}$ et $\mathfrak{K}$ un complexe d'éléments d'ordre fini invariant composé d'un nombre fini du groupe $\mathfrak{G}$, le sous-groupe engendré par tous les éléments de l'ensemble $\mathfrak{M}$ qui n'appartiennent pas au complexe $\mathfrak{K}$ est un sous-groupe d'indice fini du groupe $\mathfrak{G}$.

Comme conséquence du théorème II on peut obtenir le résultat suivant :

Théorème III. — *Soient $a_1, a_2, \ldots, a_i, \ldots, a_\nu$ les éléments d'ordre fini qui engendrent le groupe $\mathfrak{A}$. Si chacun des éléments a_i appartient à une classe d'éléments conjugués d'ordre fini du groupe engendré par les éléments a_1, $a_2, \ldots, a_i$, le groupe $\mathfrak{A}$ est fini.*

Pour la démonstration du théorème, il suffit d'examiner d'abord le groupe $\mathfrak{A}_1$ engendré par un élément d'ordre fini a_1 et ensuite lui ajouter successivement de nouveaux éléments *générateurs* $a_2, a_3, \ldots, a_n$, en les soumettant aux conditions formulées dans l'énoncé du théorème.

Le théorème III, sous un aspect un peu différent, a été formulé par A. P. Dietzmann (²) de la manière suivante : *Si $\mathfrak{C}$ est une classe finie du groupe $\mathfrak{G}$ contenant des éléments d'ordre fini, tous les éléments de la classe $\mathfrak{C}$ engendrent un sous-groupe invariant $\mathfrak{D}$ d'ordre fini.*

Comme application du dernier résultat, formulons la proposition suivante :

(²) *C. R. de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*, 15, n° 2, 1937.

THÉORÈME IV. — *Soit* $\mathfrak{G}$ *le groupe contenant une classe d'ordre fini d'éléments conjugués, l'ordre des éléments de la classe étant aussi fini et exprimé par le nombre* $n = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_n^{\alpha_n}$, *où* $p_1, p_2, \ldots, p_n$ *sont des nombres premiers entre eux. Soit* p_i *l'un de ces nombres. On peut affirmer que le groupe* $\mathfrak{G}$ *contient une classe finie d'éléments conjugués (en outre l'unité) dont l'ordre n'est pas divisible par* p_i.

Pour la démonstration nous examinons le sous-groupe $\mathfrak{A}$ du groupe $\mathfrak{G}$ engendré par les éléments $a_1, a_2, \ldots, a_n$ d'une classe d'ordre fini. On peut diviser tous les éléments du groupe $\mathfrak{A}$ en classes d'éléments conjugués du groupe $\mathfrak{G}$. Si l'on désigne l'ordre du groupe $\mathfrak{A}$ par m, on aura

$$m = 1 + \nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_l,$$

où $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_l$ sont les ordres des classes du groupe $\mathfrak{G}$ qui entrent dans le groupe $\mathfrak{A}$. Comme m doit être divisible par n, il suffit, pour activer la démonstration, de noter que tous les nombres ν_i ne peuvent en même temps être divisibles par l'un des nombres p_i.

HYDRAULIQUE MARINE. — *Sur la détermination des pressions et vitesses dans les lames déferlantes.* Note (1) de M. **PAUL PETRY**, transmise par M. Maurice d'Ocagne.

La propagation d'ondes sur une nappe d'eau indéfinie admet un potentiel des vitesses, ainsi que l'a remarqué Lagrange; la houle de mer libre peut dès lors être analysée par le calcul; moyennant certaines approximations, les formules de Boussinesq permettent de tenir compte d'une limite de la profondeur, pourvu qu'elle soit constante. Il en est tout autrement à la côte, où le fond se relève; les lames se déforment complètement, brisent là leur énergie et projettent des embruns à grande hauteur. Les conditions du déferlement sont encore mal connues; mais les conséquences viennent d'en être étudiées, sur l'initiative du Ministère des Travaux publics (2), pour répondre à une demande de l'*Association internationale des Congrès de la Navigation.*

Les premières mesures ont été faites à Dieppe, d'octobre 1933 à

(1) Séance du 18 août 1937.

(2) Cette étude a été entreprise sous la direction de MM. Watier et de Rouville, inspecteurs généraux, et Naud, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

mars 1937; elles ont porté sur les caractéristiques principales de la houle au large, les pressions de choc des lames déferlant contre une jetée et les vitesses de projection des embruns.

Situation. — Le port de Dieppe est exposé à la houle de Nord-Ouest qui arrive sur une plage de galets, trouve à l'ancien musoir de la jetée ouest une rampe en maçonnerie de 5 de base pour 1 de hauteur, puis un mur sensiblement vertical; à mi-marée les lames déferlent avec une grande violence. L'accès est toujours possible à basse mer. Telles sont les raisons qui ont conduit à choisir ce lieu pour les expériences.

Appareils. — Deux balises peintes par anneaux noirs et jaunes de $0^m,50$ de hauteur ont été mouillées à une distance $D = 50^m$ l'une de l'autre au nord-ouest de la jetée. Trois fois par jour, le creux était observé directement en comptant le nombre d'anneaux masqués du fond au sommet des lames; l'angle α des crêtes de lames avec l'alignement des balises était lu sur un cercle de visée; le temps t mis par une même lame à passer d'une balise à l'autre et la période $2T$ séparant le passage de deux lames consécutives à une même balise étaient mesurés au chronomètre; le calcul donnait ensuite la célérité $V = (D \sin . \alpha)/t$ et la longueur d'onde $2L = 2T \times V$.

Trois récepteurs de manographes à quartz piézoélectrique ([3]) ont été logés sans saillie dans le parement de l'ancien musoir, échelonnés sur une même verticale et offrant chacun un disque de 6^{cm} de diamètre sensible aux pressions. Au quartz était accolée une lampe électromètre dans chaque récepteur; des câbles sous tube reliaient l'ancien musoir à un laboratoire équipé de trois amplificateurs et de trois oscillographes de M. Blondel, complétés par un diapason chronographe. La période propre de l'ensemble d'un manographe était inférieure à 0,001 seconde; la zone de sensibilité allait de 0,1 à 10 kg/cm².

Les déferlements étaient filmés par un appareil ordinaire de prise de vues abrité dans une cabine sur un redan de la jetée ouest, face à l'ancien musoir et à 40^m plus au large. Dans le champ de l'objectif se trouvaient deux échelles, constituées de panneaux de 1^m, noirs et jaunes alternativement; l'une horizontale, boulonnée contre le parapet de l'estacade, et complétée par les poteaux régulièrement espacés, permettait d'observer la propagation de chaque lame avant son déferlement; l'autre verticale,

---

([3]) La piézoélectricité du quartz a été appliquée pour la première fois en 1928, aux mesures des pressions des fluides, par MM. Langevin et Hocart.

scellée contre l'ancien musoir, doublait les assises de pierres de taille pour suivre les projections d'eau. Les images étaient prises au temps de pose de 0,005 seconde et à la fréquence de 24 par seconde.

Un interrupteur multipolaire, placé auprès de la camera, centralisait tous les circuits électriques pour commander, sous la main d'un chef de manœuvre, à chaque lame choisie par lui, la mise en route des appareils, l'inscription de deux tops à la fois sur le papier des oscillographes et sur le film, enfin, l'arrêt des appareils après trois secondes de marche en moyenne.

Résultats. — Le tableau ci-dessous montre quelles vitesses considérables peuvent être engendrées par le choc d'une lame et à quelles pressions sont exposés les ouvrages maritimes.

	Caractéristiques de la houle						Pressions enregistrées (en tonnes par mètre carré) à		
	au large.			au déferlement.					
						Vitesse verticale initiale			
Dates et heures.	Longueur d'onde (en mètres).	Creux (en mètres).	Célérité (en mètres par seconde).	Creux (en mètres).	Vitesse horizontale (en mètres par seconde).	(en mètres par seconde).	0m,35 du pied de la jetée.	1m,35 du pied de la jetée.	2m,35 du pied de la jetée.
1933. 3 novembre à 13h52m.	40,00	1,50	6,00	2,00	12,00	77,00	–	–	–
1935. 2 décembre à 12h08m.	–	–	–	–	–	–	18	7	–
» à 12h12m.	–	–	–	–	–	–	20	19	–
» à 12h15m.	–	–	–	–	–	–	52	25	–
16 décembre à 12h35m.	–	–	–	–	–	–	23	31	22
» à 12h45m.	–	–	–	–	–	–	18	27	12
1937. 9 février à 12h27m.	45,00	2,50	6,00	3,50	6,50	31,00	16	8	0
» à 12h30m.	45,00	2,50	6,00	3,50	7,50	37,00	40	10	2
23 février à 12h21m.	40,00	1,80	6,00	2,50	8,50	23,00	69	7	0
» à 12h37m.	40,00	1,80	6,00	2,50	6,80	25,00	62	3	0
1er mars à 15h56m.	40,00	2,50	5,50	3,50	11,50	32,00	37	4	0

Observation de M. **Maurice d'Ocagne** *au sujet de la Note précédente.*

Il est essentiel de remarquer que c'est ici la première fois que la question visée par la Note précédente est abordée d'un point de vue scientifique. L'hydraulique marine, dont le principal chapitre est constitué par la théorie des marées, embrasse encore tous les problèmes que soulèvent la houle libre et ce qu'on pourrait appeler la houle contrainte, comprenant le clapotis et le déferlement des lames. La houle libre a, depuis déjà longtemps, donné lieu à des travaux considérables. L'étude du clapotis,

amorcée en 1888 par Barré de Saint-Venant et Flamant dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, a été reprise et poussée plus avant, dans le même Recueil, par MM. Benezit en 1923, Sainflou en 1928, Gourret en 1935 et 1937. Quant à l'étude des lames déferlantes, elle n'a été entamée qu'en ces derniers temps (pour répondre à un vœu émis au Congrès de la navigation tenu au Caire) par M. Pétry, ingénieur des Ponts et Chaussées à Dieppe. La rapidité et la violence du phénomène rendaient nécessaire à cet effet l'établissement d'une technique spéciale fondée sur l'emploi de dispositifs d'un genre nouveau. Le tout a été très heureusement mis en œuvre par M. Pétry. Dans les installations ainsi créées par lui, au port de Dieppe, il poursuit activement des recherches, d'où sont déjà sortis d'utiles résultats; grâce à eux, on ne sera plus réduit désormais à n'être guidé, pour l'exécution d'ouvrages au milieu des brisants, que par les seules données d'un empirisme rudimentaire.

RAYONS X. — *Contribution à l'étude du spectre d'émission* K *du gallium* (31) *et du germanium* (32). Note de M. **Horia Hulubei**, transmise par M. Jean Perrin.

L'analyse fine et puissante des spectres K en révèle la grande complexité. Les données expérimentales sont encore très incomplètes, parfois contradictoires. Aucune théorie définitive des émissions *hors diagramme* ne s'impose actuellement. Toute information et systématisation dans ce domaine peut donc être précieuse.

Je donne ci-après quelques-uns de mes résultats sur les émissions K faibles du gallium (métal) et du germanium (oxyde), encore peu étudiées. Un spectrographe à quartz courbé sous 40^{cm} me donnait environ 5u.x./mm. Comme références, j'ai employé les raies fortes de ces éléments mêmes [1], de l'arsenic K, du tungstène [2] et du rhénium L [3].

Émissions $K\alpha$ *hors diagramme* (Tableau I). — J'avais suivi [4] jusqu'au rhodium (45) des émissions $K\alpha$ hors diagramme qui n'étaient alors signalées que pour les éléments légers et j'en avais souligné la complexité.

---

(1) A. Bearden et C. H. Shaw, *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 18.
(2) M. Siegbahn, *Spektr. der Röntgenstrahlung*, 2e édition.
(3) Y. Cauchois, *J. de Phys.*, 7e série, 8, 1937, p. 267.
(4) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 544.

L. Parratt [5] et C. Schaw [6] d'une part, E. Ingelstam [7] d'autre part ont confirmé et étendu ces observations jusqu'à l'indium (49). Ici encore, je résous l'émission globale forte $\alpha_{3,4}$ en un triplet. Parratt [(5), (6)] a décomposé ses courbes d'ionisation obtenues au double cristal pour Ga et Ge en quatre composantes, dont trois concordent bien avec α_4, α'_3 et α_3 du Tableau I; j'observe aussi la quatrième, qu'il identifie à α', mais elle est faible, surtout pour Ge. Par contre, deux raies supplémentaires, beaucoup plus nettes apparaissent sur mes clichés; je crois en signaler pour la première fois l'existence. Je les note provisoirement α'_{I} et α'_{II}. Une recherche systématique pour d'autres atomes est utile pour en préciser la nature.

TABLEAU I.

Émission.	Gallium. λ en U. X.	ν/R.	Δν/R à α_2.	$\sqrt{\Delta\nu/R}$.	Germanium. λ en U. X.	ν/R.	Δν/R à α_2.	$\sqrt{\Delta\nu/R}$.
α'_{II}	1335,6_6	682,2_6	2,83	1,68	1249,9_8	729,0_3	3,1_7	1,78
α'_{I}	1334,5_6	682,8_2	3,3_9	1,84	1248,9_4	729,6_3	3,7_7	1,94
α'	1333,3_9	683,4_2	3,9_9	2,00	1247,7_0	730,3_6	4,5_0	2,12
α_3	1332,6_5	683,8_0	4,3_7	2,09	1247,2_2	730,6_4	4,7_8	2,19
α'_3 (α_4 de P.)	1331,9_0	684,1_9	4,7_6	2,18	1246,5_6	731,0_3	5,1_7	2,27
α_4 (α'_3 de P.)	1331,1_0	684,6_0	5,1_7	2,27	1245,5_8	731,6_0	5,7_4	2,40

P = Parratt.

Émissions Kβ *faibles* (Tableau II). — La séparation systématique du

TABLEAU II.

Émission.	Gallium. λ en U. X.	ν/R.	Germanium. λ en U. X.	ν/R.
β_3	1205,8_7	755,6_9	1127,0_4	808,5_6
β_5	1195,3_7	762,3_3	1117,1_1	815,7_4
β'_{II}	1208,0	754,4	1129,1	807,1
β'	{ 1206,7 1206,11	755,2 755,54 }	1127,2_6	808,3_9
β_{10} (β'' de B.)	1204,6_4	756,4_7	1125,8_3	809,4_2
β_7	1200,6	759,0	1122,3	812,0
β''	–	–	1120,8	813,0
β_9	1196,6	761,6	1118,2	814,9
β_8	–	–	1116,0	816,5
β'''	1192,2_3	764,3_4	1113,1_0	818,6_8
β'''_{II}	1190,7_6	765,2_8	1111,9_9	819,4_9
β'''_{III}	1189,0	766,4	–	–

B = Bearden.

(5) L. PARRATT, *Phys. Rev.*, 49, 1936, p. 502; 50, 1936, p. 1.
(6) *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 1006.
(7) *Nova Acta Regiae Soc. Sci. Upsalieneis*, IV, 10, n° 5, 1936.

doublet $KM_{II,III}$ n'est faite qu'à partir du krypton (36). Mes clichés montrent une résolution partielle, d'où les valeurs rapportées Tableau II pour β_3 du Ga (31) et Ge (32). J'ai admis que les valeurs de Bearden et Shaw pour β_1 correspondent à KM_{III}, ce qui est sans doute vrai car $KM_{II}(\beta_3)$ est beaucoup plus faible ici.

La raie de quadripôle $KM_{IV,V}(\beta_5)$, intense, apparaît totalement séparée de $KN_{II,III}(\beta_2)$ déjà au gallium. Bearden et Shaw ne l'avaient donnée que pour Ge.

Raies hors diagramme. — Quatre seulement avaient été signalées par Bearden et Shaw : Gaβ', Geβ''' et deux autres qui, d'après leurs longueurs d'onde, sont celles notées Tableau II Ga et Geβ_{10}. Pour ces deux dernières et celles correspondantes de Cu et Zn, les auteurs indiquent la notation β''.

La variation des différences de fréquence à β_1, avec le numéro atomique, montrerait cependant qu'elles sont différentes des raies β'' observées par plusieurs auteurs pour une série d'éléments légers; au Ga et au Ge, comme au Cu ([8]), il semblerait plutôt légitime de les rapprocher de β_{10}, observée par moi dans les spectres du Mo et du Rh ([9]).

L'étude des raies de fréquence supérieure à celle des discontinuités d'absorption K est particulièrement intéressante, car elle pourra aider à comprendre leur nature et donner des informations sur les énergies des électrons de conductibilité dans les solides. Pour le Ga et le Ge le niveau électronique le plus extérieur est $N_{II,III}$, dont le remplissage commence au Ga; $K\beta_2$ est donc la dernière raie X de diagramme. Au delà je vois un groupe d'émissions, d'ailleurs beaucoup plus nettes pour le Ga que pour le Ge. J'y ai mesuré β''', β'''_{II} (signalée aussi par Y. Cauchois pour le Cu) et, pour la première fois, une raie supplémentaire β'''_{III} pour le Ga.

Mes clichés montrent encore des émissions faibles difficiles à mesurer. Le Tableau II mentionne celles dont j'ai pu trouver une identification probable d'après les données, disparates, relatives à d'autres atomes.

Ainsi la raie 1120,8 pourrait être vraiment β'' du Ge. Celles, très voisines de β_5, sont peut être β_8 et β_9, trouvées par nous pour Mo, Rh et Ag ([10]) et confirmées par Ingelstam ([7]) pour Mo et Ag. β_7, connue pour des éléments plus lourds paraîtraît ici encore, comme au Cu [Y. Cauchois ([8])].

([8]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1359.
([9]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1356.
([10]) H. Hulubei et Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1222.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les p.p'-dimagnésiens du diphényle. Rôle favorable de l'iodure de magnésium.* Note de M. **René Gibert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le dimagnésien du *p*-diiodobenzène a été étudié par V. Thomas ([1]), par Thomas et Bruhat ([2]), celui du *p*-dibromobenzène a été obtenu par R. Quelet ([3]) et étudié par Hu-Chia-Hsi ([4]). La formation du dimagnésien, dans le cas où les deux atomes d'halogène sont portés par des noyaux benzéniques différents, a été réalisée par J. Salkind ([5]) avec les dibromonaphtalènes. Sur le conseil de M. Thomas, nous avons entrepris la même recherche dans la série du diphényle. Ce premier mémoire est relatif aux dimagnésiens *p.p'*- du diphényle.

Nous n'avons pu faire réagir les *p.p'*-diiodo et dibromo-diphényle avec le magnésium, même après amorçage par l'iode ou l'iodure d'éhyle. Mais nous avons facilement obtenu les deux dimagnésiens par la méthode d'entraînement de Grignard ([4]).

En opérant sur 31g,2, soit 0,1 mol-gr du dibromo, nous avons isolé, après décomposition par l'eau, 7g,5 de diphényle (P.F. = 70°, ne variant pas par addition de diphényle), soit 48,7 pour 100 de la quantité théorique.

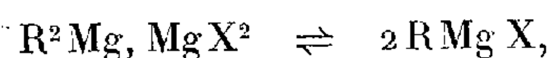
Du produit de condensation du magnésien avec le benzonitrile, nous avons isolé le *p.p'*-dibenzoyl-diphényle (P.F. = 218°) avec un rendement de 41,5 pour 100. La condensation avec la benzophénone nous a donné un composé cristallisé fournissant à l'analyse 87,88 pour 100 de C, 5,98 pour 100 de H, fondant à 160° en un liquide de trouble s'éclaircissant à 186°; se disolvant en rouge vif dans l'acide sulfurique; donnant un chlorure dont la solution acétique prend une coloration violette par la poudre de zinc; cristallisant de l'alcool avec deux molécules d'alcool de cristallisation, ce qui permet de l'identifier à l'ω-ω'-dihydroxy-ω-ω-ω'-ω'-tétraphényl *p.p'*-ditolyle, obtenu par Tschitschibabin ([6]). Nous avons isolé, en outre, un corps bien cristallisé, P.F. = 216°, ne colorant pas l'acide sulfurique, ne donnant pas de chlorure de carbonium, n'additionnant pas de brome, mais dont nous n'avons pu déterminer la constitution.

Dans aucun cas nous n'avons pu mettre en évidence la formation de monomagnésien, ce qui est à rapprocher des résultats obtenus par Salkind ([5]) avec le 1.5 dibromonaphtalène.

([1]) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 218.
([2]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 297.
([3]) *Thèse*, Paris, 1928.
([4]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 625.
([5]) *Berichte d. D. ch. Ges.*, 67, 1934, p. 1031.
([6]) *Berichte d. D. ch. Ges.*, 40, 1907, p. 1812.

La méthode d'entraînement présente des inconvénients signalés par Grignard lui-même ([4]). D'autre part, son mécanisme est mal élucidé, Grignard ([4]) attribuant son efficacité au décapage du magnésium et à la solubilisation du magnésien; Urion ([7]), à un échange fonctionnel entre le magnésien de l'entraîneur et l'halogénure inactif.

Mais Schlenck et Schlenck Jr. ([8]) ont montré que les solutions organomagnésiennes donnent lieu à l'équilibre



$$R^2Mg, MgX^2 \rightleftharpoons 2RMgX,$$

équilibre fortement déplacé vers la gauche dans le cas des halogénures d'éthyl-magnésium employés comme entraîneurs. Il en résulte que la présence de tels magnésiens augmente considérablement la teneur de la solution en MgX^2. Or les travaux de Gilman et collaborateurs ([9]), de Gomberg et Bachmann ([10]), de Bachmann ([11]) ont montré la grande réactivité du système $Mg + MgX^2$. Il nous a donc paru possible que ce système jouât un certain rôle dans l'entraînement, et nous avons expérimenté la méthode suivante :

$7^g,5$ de magésium (0,3 at-g) sont recouverts de 100^{cm^3} d'un mélange à parties égales d'éther et de benzène anhydres. On ajoute $25^g,4$ d'iode (0,2 at-g) par petites portions. Quand la vive réaction s'est calmée, la totalité du *p. p'*-dibromodiphényle, soit $31^g,2$ (0,1 mol-g) est ajoutée en une seule fois, à l'état cristallisé, à la liqueur encore colorée par l'iode. On chauffe ensuite à douce ébullition avec agitation mécanique en atmosphère d'hydrogène pendant 48 heures. La liqueur se décolore en quelques minutes, puis le magnésien précipite peu à peu sous forme d'une boue verdâtre.

Dans un essai portant sur $31^g,2$ de dibromo, $4^g,58$ de métal ont été dissous, dont $2^g,44$ par l'iode, et $2^g,18$ par le dibromo, soit 43,8 pour 100 de la quantité théorique. Le magnésien a été condensé avec le benzonitrile. Au produit de décomposition par l'eau du complexe obtenu, on a isolé $14^g,5$ de *p.p'*-dibenzoldiphényle, soit 40 pour 100 du rendement théorique.

D'autre part, le monomagnésien obtenu à partir de $23^g,6$ (0,1 mol-g) de *p*-dibromobenzène a été additionné de la solution incolore obtenue par l'action de $25^g,4$ d'iode sur un excès de magnésium, en présence d'éther et de benzène. La quantité de

([7]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1244.
([8]) *Berichte d. D. ch. Ges.*, 62, 1929, p. 920.
([9]) *Journ. of Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 3152 et 3493.
([10]) *Journ. of Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2455.
([11]) *Journ. of Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 3287 et 4412.

magnésium dissoute par le *p*-dibromobenzène s'est ainsi élevée à $3^g,5$ après 48 heures de chauffage, soit 71,7 pour 100 de la quantité théorique, ce qui indiquerait que le magnésium se serait formé dans la proportion de 43,4 pour 100 au moins.

Ces résultats montrent que l'efficacité de la méthode de Grignard peut être expliquée en grande partie, tout au moins dans les cas considérés, par la seule action de l'halogénure de magnésium. Au point de vue pratique, le remplacement de l'organo-magnésien entraîneur par l'iodure de magnésium permet une économie de réactif, diminue le nombre des réactions secondaires possibles et facilite la séparation du produit cherché.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action des constituants de l'aneurine sur des levures* (Rhodotorula rubra *et* flava). Note [1] de M. **William-Henri Schopfer**, présentée par M. Marin Molliard.

Les exigences des levures en facteurs de croissance (bios, au sens large), sont très diverses. On a admis que certaines d'entre elles, levures sauvages ne fermentant pas, peuvent se passer de substances auxogènes (Copping), ce qui, en dernière analyse, signifie qu'elles sont capables de les synthétiser. D'autres espèces, dégénérées par la culture (*Saccharomyces*), requièrent pour leur développement complet au moins trois bios : bios I (mésoinositol), bios II (biotine), bios III (remplacé par l'aneurine), (Kögl).

Il est singulier que des espèces comme certains *Rhodotorula*, dont on admet que les exigences en facteurs de croissance ne sont pas très grandes, ne semblent tout de même pas être capables d'atteindre leur plein développement dans un milieu rigoureusement synthétique, sans adjonction d'une substance auxogène de nature organique.

Des expériences comparatives nous ont montré que *Rhodotorula rubra* (Demme) Lodder, souche de Baarn, n'est effectivement pas influencé dans sa croissance par le mésoinositol (bios I) et l'acide pantothénique de R. J. Williams (contenant le bios II).

	Contrôle.	Inositol 20 γ.	Ac. pantoth. 20 γ.	Inosositol et ac. panthot.
Rhodotorula rubra (%).....	18	12	10	15
Rhodotorula flava (%).....	11	9	10	12,5
Saccharomyces cerevisiæ (%).	0	0	10	40

Le développement de la culture est apprécié par néphélométrie, à l'aide

[1] Séance du 23 août 1937.

d'une cellule photoélectrique; les chiffres se rapportent au pourcentage de lumière absorbée; les concordances avec les poids secs des récoltes sont satisfaisantes. Le chiffre indiqué pour le contrôle dépend naturellement de la densité de l'inoculation.

L'opposition entre les comportements de *Rhodotorula* et de la souche de *Saccharomyces* utilisée est frappante.

Nous constatons, contre toute attente que la culture de *Rhodotorula* s'améliore notablement après adjonction de vitamine B_1 seule (aneurine cristallisée synthétique); de plus, il apparaît nettement que seul le constituant pyrimidique de l'aneurine, la 2-méthyl-4-amino-5-aminométhyl-pyrimidine est, dans le cas de *Rhodotorula rubra*, responsable de l'effet observé; le thiazol, 4-méthyl-5(β-oxyéthyl)-thiazol restant sans effet.

Milieu utilisé. — Glucose 5 %, asparagine 1 ‰, sulfate de magnésie 0,5 ‰, phosphate acide de potassium 1,5 ‰.

Rhodotorula rubra (Demme) Lodder.

	Pour 25cm³ de milieu.					
	0 γ.	0,01 γ.	0,1 γ.	0,2 γ.	0,4 γ.	0,8 γ.
Thiazol (%)	23	23,5	22,5	23	24	24
Pyrimidine (%)	24	33	47,5	58,5	63	77
Thiazol et pyrimidine (%)	23,5	32	50,5	57	62,5	73

Rhodotorula flava (Saïto) Looder.

Thiazol (%)	20,5	19	24	25	30	36
Pyrimidine (%)	18	51	58,5	68,5	61,5	61
Thiazol et pyrimidine (%)	21,5	69	56	58	55	55,5

Avec la souche utilisée de *Rhodotorula rubra*, le constituant pyrimidique intervient, à peu de chose près, avec la même intensité que l'aneurine (molécule complète); le thiazol n'exerce pas d'action accélérante et n'inhibe pas non plus l'effet de la pyrimidine. *Rhodotorula flava* réagit comme *rubra*, avec cette différence que le thiazol agit légèrement, d'une manière favorable.

Nous admettons que ces substances, fonctionnant comme facteur de croissance, sont réellement absorbées par le microorganisme et qu'elles n'interviennent pas extérieurement à l'organisme, en agissant sur le milieu, par exemple; dans ce cas, il semble que *Rhodotorula rubra* et *flava* possèdent la propriété de scinder la molécule d'aneurine; cette scission paraît presque

aussi complète que celle produite par *Phycomyces*, qui requiert les deux constituants de la molécule d'aneurine; c'est par cette hydrolyse préalable que l'organisme libérerait le constituant qui lui est nécessaire. Le rapport entre le poids maximum moyen de la récolte et la dose de pyrimidine qui le conditionne est de 200000 environ (40 mg/0,2 γ); il est du même ordre de grandeur que pour *Phycomyces* avec l'aneurine : 180000 environ (90 mg/0,5 γ).

Comme c'est le cas pour les Mucorinées (Schopfer, 1934-35), nous voyons qu'à l'intérieur de ce groupe de levures, l'hétérotrophie s'exprime avec des intensités très variables, certaines espèces étant complètement autotrophes du point de vue des facteurs de croissance et d'autres ayant perdu presque complètement le pouvoir d'en faire la synthèse.

Fait singulier, les extraits de *Rhodotorula rubra* ne semblent activer la culture de *Saccharomyces cerevisiæ* que d'une manière insignifiante; des substances inhibitrices entrent peut-être en jeu.

Il reste à établir jusqu'à quel point cette action d'une pyrimidine est spécifique, si seul le constituant de l'aneurine est capable d'intervenir et de quelle manière un changement de constitution retentit sur l'action auxogène.

Le bios III, remplaçable par l'aneurine, pourrait être représenté par l'un des constituants de celle-ci.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude expérimentale de la morphogénèse du système nerveux central dans la régénération de la tête des Lombrics.* Note [1] de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le régénérat qui se développe après amputation de la tête chez les Lombrics est pourvu d'un système nerveux central constitué à l'image de celui de la tête enlevée, et qui se raccorde d'une manière parfaite à la chaîne nerveuse ancienne. Cette continuité, qui semble réalisée d'une manière précoce, peut suggérer l'hypothèse d'une régénération de proche en proche, à partir et aux dépens de la chaîne nerveuse ancienne. Toutefois, l'étude histologique des étapes successives du phénomène n'est pas non plus défavorable à l'hypothèse opposée : le système nerveux central s'ébaucherait dans le blastème de régénération aux dépens d'éléments

[1] Séance du 9 août 1937.

indifférenciés, issus peut-être de l'ectoderme, et dont l'ensemble se disposerait très tôt en continuité avec la chaîne nerveuse ancienne, sans avoir avec elle aucun rapport important de genèse.

J'ai effectué des expériences en vue de résoudre ce problème. Elles établissent avec certitude que c'est la seconde possibilité qui est effectivement réalisée.

1° J'ai remplacé, dans les segments 5 à 12, le tégument ventral, avec la chaîne nerveuse adjacente, par les organes correspondants de la région *neutre* ([2]) de l'animal, région dépourvue par elle-même de tout pouvoir régénérateur. Après guérison, les sujets ont été amputés de la tête au niveau du greffon. La surface de section présentait donc non pas le système nerveux de la région antérieure, mais celui de la région neutre. Les sujets ont néanmoins tous régénéré une tête pourvue d'un système nerveux céphalique normal.

2° J'ai répété l'expérience précédente en laissant en place la chaîne nerveuse de la région antérieure, le tégument ventral étant seul enlevé et remplacé par le complexe tégument ventral + chaîne nerveuse de la région neutre. Après section au niveau de la greffe, la surface d'amputation présentait donc deux chaînes nerveuses superposées : celle (restée en place) de la région antérieure et celle (greffée) de la région neutre. Tous les opérés ont, cette fois encore, régénéré une tête pourvue d'un système nerveux céphalique normal, et nullement double, auquel les deux chaînes nerveuses anciennes se raccordent à la base du régénérat.

3° J'ai retourné dorso-ventralement d'une seule pièce le tégument par rapport aux organes internes (chaîne nerveuse et tube digestif) dans la région antérieure. Les résultats généraux de cette expérience ont été discutés précédemment ([3]). Après amputation de la tête dans la région ainsi modifiée, la chaîne nerveuse se trouve placée, sur la section, au niveau du milieu du tégument dorsal. Elle est ainsi, par rapport au tégument, diamétralement opposée à sa position normale. Les régénérats développés sur une telle base sont, comme dans les expériences précédentes, pourvus d'un système nerveux céphalique normal, et normalement orienté par rapport au tégument du régénérat. L'orientation globale de ces régénérats par rapport à leur base est, au contraire, variable. Chez une moitié des opérés environ, le régénérat en totalité est orienté à l'inverse du tégu-

---

([2]) Cf. *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 374.
([3]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 255.

ment de celui de sa base; donc, conformément aux organes internes de cette base, et, dans ce cas, la chaîne nerveuse ventrale du régénérat se raccorde directement à la chaîne nerveuse ancienne. Les autres sujets portent au contraire un régénérat orienté, par rapport à sa base d'insertion, à l'inverse des précédents. Sa chaîne nerveuse occupe donc une position diamétralement opposée à celle de la chaîne nerveuse ancienne. Dans ce cas, la chaîne nerveuse ancienne se raccorde de manière variable au système nerveux central du régénérat; parfois, par une boucle latérale, avec la chaîne nerveuse régénérée; parfois, avec l'une des branches du collier périœsophagien; elle peut même se jeter dans le cerveau, la chaîne nerveuse régénérée se terminant alors librement du côté opposé.

4° Enfin j'ai démontré ([4]) que la régénération d'une tête est possible en l'absence de la chaîne nerveuse ancienne, cette dernière se trouvant arrêtée à coup sûr, plusieurs segments en arrière de la surface de section. Lorsque le régénérat édifié dans ces conditions a une morphologie externe correcte, il renferme un cerveau, un collier périœsophagien et une masse sous-œsophagienne. Ces régénérats, dont la croissance est lente, n'ont pas été conservés jusqu'à la fin de leur différenciation. Il serait donc prématuré d'affirmer que les masses nerveuses édifiées dans ces conditions auraient acquis tous les caractères anatomiques et surtout physiologiques des organes normaux.

En résumé, le système nerveux central du régénérat de tête chez les Lombrics (cerveau, collier périœsophagien, masse sous-œsophagienne, etc.) se constitue d'une manière normale et affecte des rapports normaux avec les autres organes du *régénérat*, non seulement si la base d'insertion du régénérat est normale, mais encore si elle ne possède que la chaîne nerveuse d'une région privée de pouvoir régénérateur, ou encore si elle est pourvue de deux chaînes nerveuses différentes, ou même si la chaîne nerveuse est déplacée dorsalement. En l'absence de toute chaîne nerveuse sur la surface d'amputation, il peut régénérer une tête pourvue d'un système nerveux central normal dans ses grandes lignes; il n'est cependant pas démontré que, dans ce dernier cas, sa différenciation puisse s'achever complètement.

Le système nerveux central du régénérat n'a donc aucun rapport morphogénétique important avec celui des parties anciennes. Un certain nombre, au moins, des facteurs qui déterminent la morphologie des régénérats céphaliques semblent au contraire communs au système nerveux et au tégument.

([4]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2166.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Évolution de l'hordénine dans l'Orge et relations éventuelles de cet alcaloïde avec la tyrosine.* Note [1] de M. Y. **Raoul**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons donné des méthodes de dosage précises de l'hordénine [2], puis de la tyrosine [3], dans le but de suivre l'évolution de ces substances pendant la germination de l'Orge (*Hordeum murinum* L., variété Chevalier). Dans nos expériences, la germination a été effectuée à la température constante de + 16° C., à l'obscurité et dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau.

Le graphique suivant (*fig.* 1) montre la variation de la quantité absolue

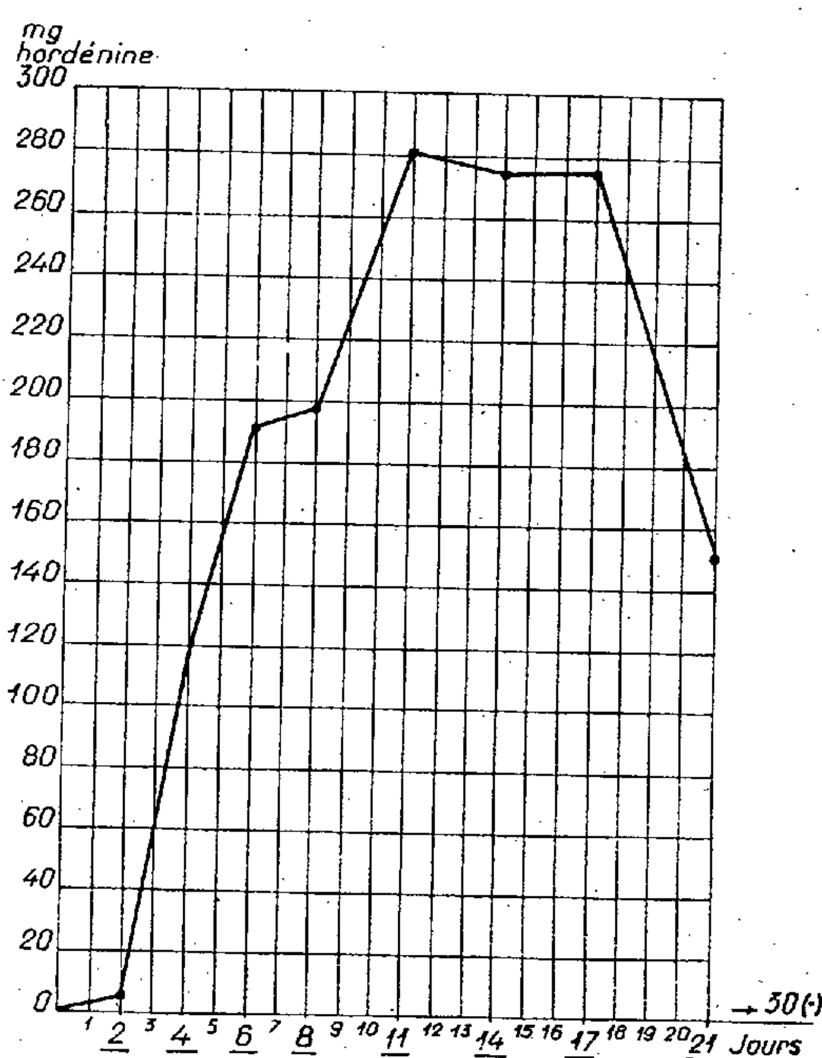


Fig. 1.

d'hordénine produite par germination de 1 kg d'Orge, en fonction du temps.

On voit sur ce graphique que l'hordénine, d'ailleurs exclusivement loca-

(1) Séance du 18 août 1937.
(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 425.
(3) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 197.

lisée dans les radicelles, augmente jusqu'au 11ᵉ jour, se maintient stationnaire jusqu'au 17ᵉ jour, puis diminue rapidement et disparait au 30ᵉ jour.

Par ailleurs, la *tyrosine*, contenue à la fois dans les radicelles et dans les malts, suit, toujours en quantité absolue produite par germination de 1 kg d'Orge, les variations indiquées sur la figure 2.

La courbe t_r montre que la tyrosine des radicelles croît pendant la

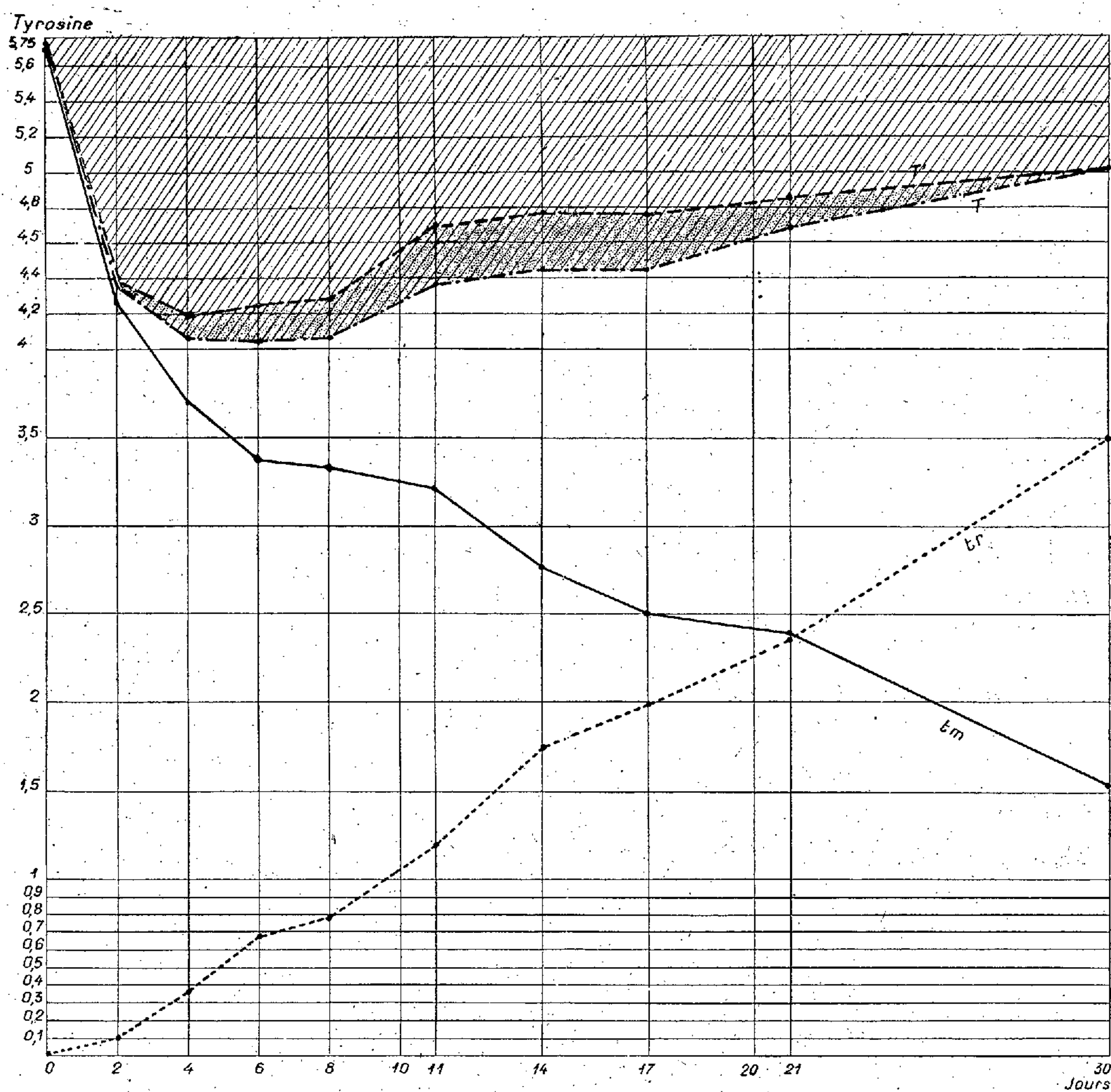


Fig. 2.

germination tandis que la tyrosine des malts t_m diminue pendant le même temps.

Si l'on trace la courbe T de la tyrosine totale $(t_r + t_m)$ renfermée dans 1 kg d'Orge aux différents temps de la germination, on constate que

celle-ci diminue très rapidement au début, puis se maintient constante et enfin *augmente* mais sans reprendre sa valeur initiale.

Cette augmentation, que l'on peut aussi constater pour l'ensemble de l'azote de nature protéidique ([4]), *correspond à une utilisation maxima de la réserve azotée protéidique au moment où elle s'épuise*.

La région hachurée du graphique montre le déficit de tyrosine au cours de la germination par rapport à la quantité de départ.

Si l'on ajoute à la tyrosine totale, la quantité de tyrosine pouvant avoir hypothétiquement servi à la formation de l'hordénine, on obtient une courbe T′ (en tenant compte que 181^g de tyrosine donnent 165^g d'hordénine). La région ombrée du graphique comprise entre T et T′ indique la proportion dans laquelle l'apparition d'hordénine dans les radicelles peut compenser la perte en tyrosine. La valeur de cette compensation atteint 23 pour 100 vers le milieu de la durée de la germination (du 11e au 17e jour).

En conclusion, l'étude de ces variations montre la probabilité d'une filiation de la tyrosine à l'hordénine et réciproquement. Elle constitue donc un argument en faveur de l'origine protéidique d'un alcaloïde.

M. **M. Emmanuel Pozzi-Escot** adresse une Note sur les *Relations sanguines dans la série animale et ses* [sic] *conséquences vitales*.

La séance est levée à 15^{h}10^m.

A. Lx.

([4]) Yves Raoul, *Contribution à l'étude biochimique de l'hordénine, Thèse Sciences naturelles*, Paris.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 SEPTEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire général du IX[e] Congrès ornithologique international** invite l'Académie à se faire représenter à cette réunion, qui se tiendra à Rouen du 9 au 13 mai 1938.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités de la fonction analytique définie par un élément de Weierstrass.* Note (1) de M. **Arnaud Denjoy.**

Dans un article destiné à un autre Recueil et où je développe mes commentaires du 24 mai dernier (2) à la Note de M. Mandelbrojt (3), j'expose quelques résultats que je demande la permission d'indiquer succinctement.

La méthode de M. Mandelbrojt, pour la détermination des singularités d'un élément de Weierstrass,

(1) $$f_0(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots \qquad (|z| < 1/R_0)$$

sur son cercle de convergence, repose sur un principe géométrique dont on peut donner l'extension suivante :

Soient $C(a, b)$ une courbe simple du plan des $z = x + iy$, $S(a, b)$ une de ses régions. C et S dépendant continûment de deux paramètres a et b, et $S(a, b)$ *croissant avec* b, de façon que si $b < b'$, $S(a, b) + C(a, b) < S(a, b')$. Plus précisément, $F(x, y, a, b) = 0$ et $F < 0$ (accompagnées ou non d'inégalités fermées) étant les équations de C et de S, ou $z = z(\omega, a, b)$

---

(1) Séance du 30 août 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1611.

(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1456.

étant l'équation de C, dont S est la région positive par rapport à ω croissant (par exemple $0 \leq \omega \leq 2\pi$), on suppose continues F et ses dérivées en a et b, les dérivées de z en ω, a, b et $\partial F/\partial b < 0$, $I(\partial z/\partial b . \partial \bar{z}/\partial \omega) < 0$. Si $M(x, y)$ est sur $C(a, b)$, le nombre

$$q(x, y, a, b) = q(\omega, a, b) = -\frac{\partial F}{\partial a} : \frac{\partial F}{\partial b} = -I\left(\frac{\partial z}{\partial a} \cdot \frac{\partial \bar{z}}{\partial \omega}\right) : I\left(\frac{\partial z}{\partial b} \cdot \frac{\partial \bar{z}}{\partial \omega}\right)$$

sera appelé le *rang* de M sur C. $e(\lambda, a, b)$, $E_1(\lambda, a, b)$, $E_2(\lambda, a, b)$ étant les parties de $C(a, b)$ définies par $q = \lambda$, $q < \lambda$, $q > \lambda$, les points de $e(\lambda, a, b)$ sont dits *conjugués* entre eux, et *conjugués forts* quand ils sont frontières à la fois à $E_1(\lambda)$ et à $E_2(\lambda)$.

Soit H un ensemble fermé donné dans le plan des z, et pour chaque valeur de a, $b = \psi(a)$ la valeur unique de b telle que $C[a, \psi(a)] = \Gamma(a)$ contienne un point et généralement une partie $H(a)$ de H, tandis que $S[a, \psi(a)] = \Sigma(a)$ est vide de points de H. Soit $h_1(a)$ l'ensemble des conjugués du point initial de $H(a)$, $h'_1(a)$ l'ensemble de ses conjugués forts, $h_2(a)$, $h'_2(a)$ les ensembles analogues pour le point terminal de $H(a)$.

$\psi(a)$ est continu, dérivable de chaque côté, sa dérivée existe et est continue unilatéralement en chaque point. La théorie des enveloppes est applicable à la famille $\Gamma(a)$. Les deux systèmes

$$F(x, y, a, b) = 0, \quad b = \psi(a), \quad q(x, y, a, b) = \psi'(a \pm 0)$$

définissent respectivement $h_1(a)$ et $h_2(a)$.

$\Gamma(a + \Delta a)$ et $\Gamma(a)$ ont un ensemble commun dont la position d'accumulation est dans $h_1(a)$ et contient $h'_1(a)$ si $\Delta a > 0$, etc. L'ensemble d'accumulation des $H(a + \Delta a)$ est dans $h_1(a)$ si $\Delta a > 0$, dans $h_2(a)$ si $\Delta a < 0$.

Dans les applications, H est un ensemble de points singuliers du prolongement de $f_0(z)$, ou de $g_0(z) = f_0(1/z)$ pour $|z| > R_0$. C sera $C(\theta, \alpha, R)$, θ fixant l'orientation, (Δ est la droite d'argument θ), α(ci-après h ou ε) la configuration, R(jouant le rôle de b) la dilatation. Pour $R = \psi(\theta, \alpha)$, on a la courbe $\Gamma(\theta, \alpha)$ contenant une partie $H(\theta, \alpha)$ de H et dont une région $\Sigma(\theta, \alpha)$ est vide de points de H. Si on laisse l'un des paramètres θ, α fixe et l'autre variable, chaque point de C a un rang relativement à la variable conservée et associée à R. Les points initiaux et terminaux de $H(\theta, \alpha)$ (et leurs conjugués) dans chaque hypothèse sont donnés par les dérivées partielles droite et gauche de ψ, en θ et en α respectivement. Si le sens de variation ou l'égalité du rang en ω n'est pas le même relativement à (θ, R) et à (α, R) on peut éliminer les conjugués parasites. On obtient souvent des relations entre $\partial\psi/\partial\theta(\theta \pm 0, \alpha)$ et $\partial\psi/\partial\alpha(\theta, \alpha \pm 0)$.

On peut encore faire dépendre θ et α d'un paramètre a.

1° Soit $C(\theta, h, R)$ le cercle de centre $-he^{i\theta}$, de rayon R, (A_1) la réunion des régions infinies $S(\theta, h, R)$ où $g_0(z)$ est prolongeable en une fonction holomorphe $g_1(z)$, H_1 l'ensemble des singularités de g_1. On a $\psi(\theta, h) = \overline{\lim_{n\infty}} \sqrt[n]{|\delta_n(h, \theta)|}$ (voir les Notes citées).

Pour h très petit, $\psi(\theta, h) = h\nu(\theta) + o(h)[\nu(\theta) = \partial\psi/\partial h(\theta, +o)]$. $\nu(\theta)$ fixe l'abscisse maximum de $H_1(\theta, h)$ suivant Δ (Mandelbrojt), $\nu'(\theta \pm o)$ fixe l'ordonnée du point correspondant.

Pour h très grand (positif), $\psi(\theta, h) = h + \mu_0(\theta) + \mu_1(\theta)/2h + o(1/h)$ avec $|\mu_0| \leqq R_0$, $o \leqq \mu_1 \leqq R_0^2 - \mu_0^2$.

La droite $x\cos\theta + y\sin\theta = \mu_0(\theta)$ porte l'ensemble $H_1(\theta, \infty)$ et laisse le reste de H_1 dans sa région négative. $\mu'_0(\theta + o)$, $\mu'_0(\theta - o)$ définissent les points de $H_1(\theta, \infty)$ les plus éloignés de Δ, et la plus grande valeur absolue des deux vaut $\sqrt{\mu_1(\theta)}$.

2° Soit $f(u)$ le prolongement rectiligne de $f_0(u)$ dans l'étoile de Mittag-Leffler (A) issue de o. Soit $C_\varepsilon(o < \varepsilon \leqq 1)$ la courbe décrite par $t = 1 - (1 - \tau)^\varepsilon$ si $\tau = e^{i\omega}$, $o \leqq \omega \leqq 2\pi$, S_ε la région finie de C_ε. Si $z = Re^{i\theta}$, soient zC_ε ou $C(\theta, \varepsilon, R)$ la courbe décrite par zt et $S(\theta, \varepsilon, R) = zS_\varepsilon$. Soit $A(\varepsilon)$ la réunion des $S(\theta, \varepsilon, R)$ où $f(u)$ est holomorphe, et U_ε la frontière de $A(\varepsilon)$. Posons

$$\nu_{p,n}(\varepsilon) = (-1)^n \sum_{k=0}^{k=p} (-1)^k C_p^k C_{k\varepsilon}^n \qquad \left[C_x^q = \frac{x(x-1)\ldots(x-q+1)}{1.2\ldots q}\right],$$

$$\mu_n(z, \varepsilon) = \sum_{p=1}^{p=n} a_p \nu_{p,n}(\varepsilon) z^p,$$

$$P_n(z, \varepsilon) = \sum_0^n \mu_n(z, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{k=n} \sum_{p=k}^{p=n} (-1)^{k+n} C_p^k C_{k\varepsilon-1} a_p z^p.$$

La série $f(zt) = \Sigma \mu_n(z, \varepsilon)\tau^n$ converge absolument pour $|\tau| < 1$ si z est dans $A(\varepsilon) + U_\varepsilon$, et pour $\tau = 1$ tout au moins si z est dans $A(\varepsilon)$. La condition $\rho(z, \varepsilon) = \overline{\lim_{n\infty}} \sqrt[n]{|\mu_n(z, \varepsilon)|} = 1$ définit $A(\varepsilon) + U_\varepsilon$. Elle s'écrit $o \leqq R \leqq \psi(\theta, \varepsilon)$. Les points singuliers extrêmes de $f(z)$ situés sur $H(\theta, \varepsilon)$, s'obtiennent de deux points de vue différents comme il a été dit plus haut.

Le développement en série de polynomes

$$f(z) = \lim_{\varepsilon=0} \lim_{n\infty} P_n(z, \varepsilon)$$

dans (A) rappelle ceux de Painlevé, avec lesquels il présente cependant une différence essentielle.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les meilleures et plus petites majorantes harmoniques des fonctions sous-harmoniques.* Note de M. **Marcel Brelot**.

1. Poursuivant l'étude d'une Note précédente [1], considérons encore dans l'espace à $n \geq 2$ dimensions une fonction u sous-harmonique dans un domaine D et soit D' un domaine borné complètement intérieur de frontière F. On notera encore h^* et $\bar{h}$ la plus petite majorante harmonique et la meilleure majorante harmonique de u dans D', qui sont identiques lorsque D' est un domaine de Dirichlet (Radó et Frostman). Elles ne le sont pas toujours, comme le montre l'exemple très simple de $u = \log \mathrm{OM}$ dans un cercle moins son centre O, ou mieux l'exemple de la Note précédente, dont la démonstration s'étend aisément au cas de D' *non* domaine de Dirichlet, quelconque, avec $u = \log \mathrm{OM}$, O étant un point irrégulier quelconque de F.

2. Reprenons et poursuivons l'étude de h^* et $\bar{h}$, avec les notations suivantes : Si f est définie dans D', on notera (f, u) la fonction égale à f dans D' et à u ailleurs dans D. Si f est presque sous-harmonique dans D, on notera $\hat{f}$ l'unique fonction sous-harmonique dans D qui coïncide avec f presque partout. Voici alors quelques propriétés obtenues sans usage de potentiel, à partir des propriétés caractéristiques fondamentales des fonctions s. h. et presque s. h.

Théorème I. — *(h^*, u) et $(\bar{h}, u)$ sont presque s. h. dans* D; *$\widehat{(h^*, u)}$ et $\widehat{(\bar{h}, u)}$ n'en peuvent respectivement différer qu'en des points irréguliers de* F *et sont alors égales en ces points à la plus grande limite en ces points de h^* ou $\bar{h}$ sur* D'.

Corollaire. — On peut, d'une manière unique, par altération permise sur F seulement, rendre (h^*, u) ou $(\bar{h}, u)$ sous-harmoniques; ce ne peut être que par augmentation en certains points irréguliers.

Théorème II. — *$\widehat{(h^*, u)}$ et $\widehat{(h, u)}$ ont comme meilleures majorantes harmoniques dans* D', *celle $\bar{h}$ de u.*

Théorème III. — *Considérons toutes les fonctions s. h. dans* D', *bornées*

[1] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 12

supérieurement, et telles qu'en tout point régulier Q *de* F, *la plus grande limite soit* $\leq u(Q)$. *L'enveloppe supérieure (égale à la borne supérieure en chaque point) est la fonction* $\bar{h}$.

Ainsi $\bar{h}$ ne dépend que des valeurs de u aux points réguliers de F.

Théorème IV. — *Considérons toutes les fonctions* v, *s. h. dans* D', *telles que* (v, u) *soit presque s. h. dans* D. *L'enveloppe supérieure est une fonction harmonique* V *telle que* (V, u) *est presque s. h. dans* D; V *est* $\geq \bar{h}$; V *coïncide* [2] *avec* $\bar{h}$ *lorsque* F *ne contient pas de frontière intérieure.*

Théorème V. — *Considérons toutes les fonctions s. h. dans* D' *telles que la plus grande limite en tout point* P *de* F *soit* $\leq u(P)$. *L'enveloppe supérieure est une fonction harmonique* W [3] *telle que* $h^* \leq W \leq \bar{h}$.

W *est aussi l'enveloppe supérieure des fonctions s. h. dans* D' *telles que* (w, u) *soit s. h. dans* D. *Enfin* (W, u) *est presque s. h. et ne peut différer de* $\widehat{(W, u)}$ *qu'aux points irréguliers de* F.

On peut se demander si W ne serait pas identique à h^*, ce qui équivaudrait à dire que h^* ne dépendrait que des valeurs de u sur F.

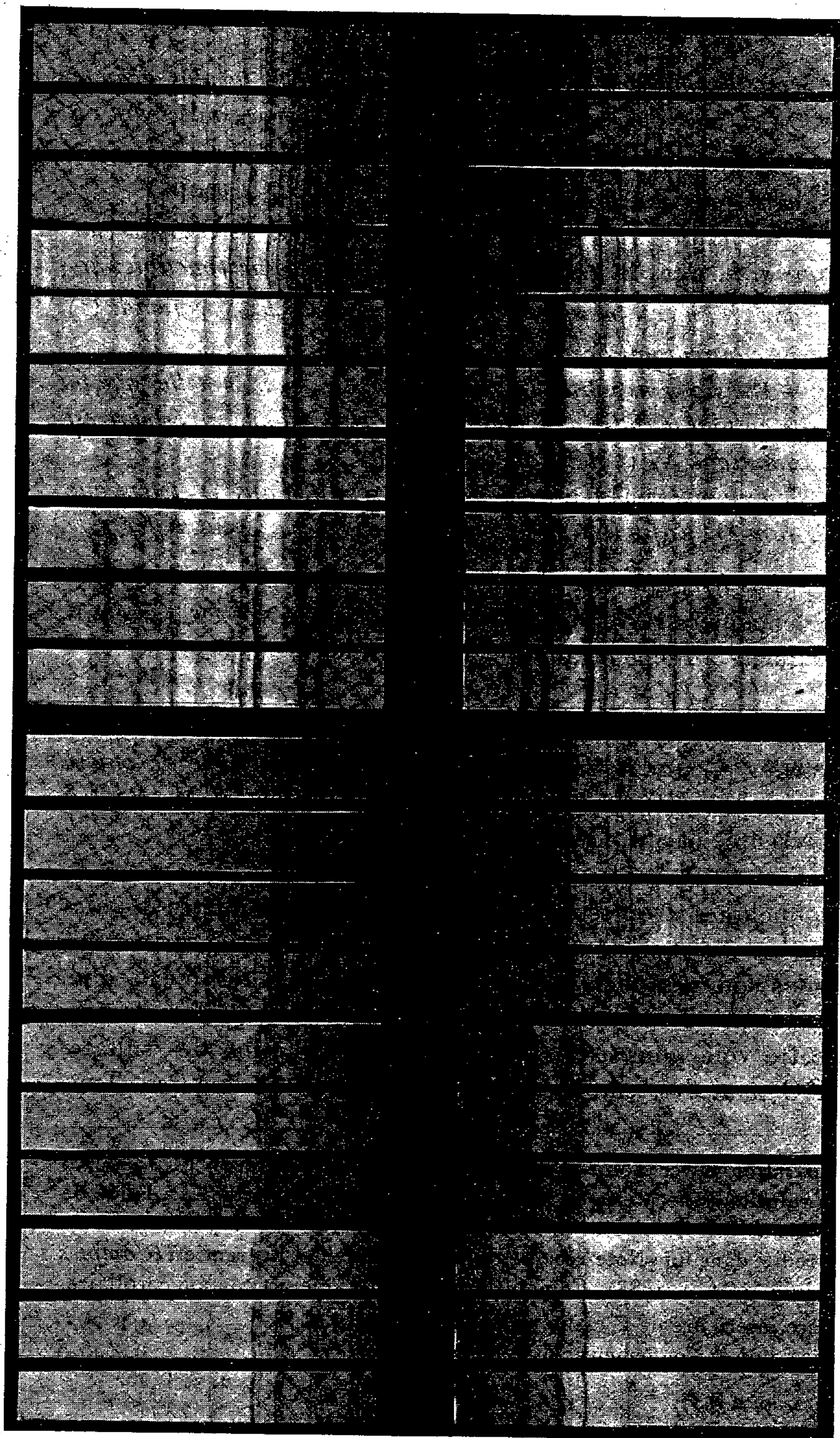
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la déshydratation du sulfate double de cuivre et de potassium.* Note [1] de Mme **Nathalie Demassieux** et M. **Basile Federoff**, présentée par M. Georges Urbain.

En étudiant quelques propriétés physicochimiques des sulfates doubles de la série magnésienne et en nous laissant guider par la notion de coordinence, nous nous sommes demandé si toutes les molécules d'eau d'un hexahydrate jouaient un rôle identique dans la constitution du sel complexe. Dans cette voie nous avons étudié la déshydratation des sulfates doubles à $6H^2O$ pour des températures régulièrement croissantes. Tous

(2) La démonstration de ce point est basée sur une proposition de F. Vasilesco (obtention de la solution généralisée de Wiener du problème de Dirichlet à l'aide de domaines convergeant par l'extérieur) (Voir *Journal de Math.*, 14, 1935, p. 219), proposition contredite dans une Note récente de MM. Keldych et Lavrentieff (*Comptes rendus*, 204, 14 juin 1937, p. 1788). Ce point du texte entraînerait comme corollaire, que, si le frontière intérieure de F est impropre, alors $V \equiv \bar{h}$.

(3) Conséquence d'un raisonnement classique de Perron.

(1) Séance du 2 août 1937.



$CuSO^4, 5H^2O$ 25°.

$CuSO^4, 5H^2O$ 70°.

$CuSO^4, 3H^2O$ 75°.

$CuSO^4, 3H^2O$ 100°

$CuSO^4, H^2O$ 105°.

$CuSO^4, H^2O$ 210°.

Transition 215°.

Transition 220°.

Transition 225°.

$CuSO^4$ 250°.

$K^2Cu(SO^4)^2, 6H^2O$ 25°.

Transition 60°.

Transition 63°.

$K^2Cu(SO^4)^2, 2H^2O$ 65°.

Transition 135°.

$K^2Cu(SO^4)^2$ 140°.

$K^2Cu(SO^4)^2$ 225°.

Transition 230°.

Transition 240°.

Modification 250°.

ces sels se décomposent en deux temps : départ de 4 molécules d'eau, formation d'un dihydrate, décomposition de ce dernier en sel anhydre. Seul $(SO^4)^2NiK^2$, $6H^2O$ semble faire exception et se décomposer en un seul temps, en perdant 6 molécules d'eau.

Concurremment nous avons fait des diagrammes de diffraction de rayons X (méthode Debye et Scherrer) à des températures croissantes, grâce à un microfour spécial. Dans la Note actuelle nous rendrons compte de nos recherches sur $(SO^4)^2CuK^2$, $6H^2O$ et SO^4Cu, $5H^2O$.

Le sulfate double, stable jusqu'à 68°, perd de l'eau quand s'accroît la température. Ce départ se poursuit régulièrement jusqu'à élimination de 4 molécules d'eau. A 105° le dihydrate est formé et reste stable jusqu'à 140° environ. L'accroissement de température le décompose progressivement en sel anhydre stable dès 160°.

Les diagrammes de diffraction des rayons X aux différentes températures, montrent les transformations successives de $(SO^4)^2CuK^2$, $6H^2O$. Pour chaque diagramme la température du microfour a été maintenue constante. Pour les domaines de stabilité d'un sel, c'est-à-dire le long des paliers de sa courbe de déshydratation, on obtient le diagramme de diffraction dû à une seule phase. Pendant la transformation d'un hydrate en un autre sel, les diagrammes révèlent la transition due à la coexistence de deux phases. Fréquemment, pour ces zones de transformation les lignes sont floues et peu intenses, surtout pendant le passage de $(SO^4)^2CuK^2$, $2H^2O$ au sel anhydre. Ce dernier, chauffé au-dessus de 200°, donne un nouveau diagramme.

La courbe de déshydratation n'indique pas de perte de poids à partir de 165° (formation du sulfate double anhydre). Les diagrammes de diffraction de chacun des sels composants sont différents du diagramme à 200°. On doit supposer l'existence d'une modification du sulfate double anhydre de cuivre et de potassium au-dessus de 200°.

Le pentahydrate de cuivre commence à perdre de l'eau à 60° environ; vers 100° une inflexion de la courbe de déshydratation indique l'apparition du trihydrate, qui à son tour se décompose en monohydrate, stable de 140° à 210° environ. Le monohydrate donne le sulfate anhydre vers 240°.

Les diagrammes de diffraction de rayons X faits à des températures de plus en plus élevées ont permis de suivre les transformations successives du pentahydrate de cuivre. Dans le cas du sel simple les raies des diagrammes correspondant aux zones de transformation sont nettes, tandis qu'elles sont floues pour le sel double.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des diiodures de stannoalcoyles et leur action sur les amines aromatiques.* Note [1] de MM. **Tryphon Karantassis** et **Constantin Vassiliadès**, présentée par M. Georges Urbain.

Cahours et Demarçay [2], puis Frankland [3] ont obtenu les diiodures de stannoalcoyles de formule générale R^2SnI^2, par l'action de l'iodure d'alcoyle sur l'étain pur ou sur un alliage de ce métal et de sodium renfermant 10 % de ce dernier. Après un long chauffage, qui durait 25 jours pour le stannamyle, ils obtenaient soit le diiodure de stannoalcoyle, soit un mélange de *mono* et de *diiodure* dont la séparation est presque impossible. Les auteurs ont décrit les propriétés physiques et chimiques des stannoalcoyles obtenus.

Nous avons préparé les mêmes diiodures de stannoalcoyles à l'état pur, en chauffant, en tube scellé pendant 20-30 heures et à 130°-180°, 2 parties de Sn en poudre ou en feuilles minces, coupées en petits morceaux avec 4 parties d'iodure d'alcoyle d'après l'équation $4RI + 2Sn = 2R^2SnI^2$.

La réaction est totale vers la formation de R^2SnI^2, mais il y a toujours une décomposition partielle du produit formé, à cause de la température élevée. Cette décomposition, presque négligeable dans le cas de diiodure de stannométhyle et éthyle, augmente considérablement avec le stannopropyle, isobutyle et isoamyle. Avec le diiodure de stannopropyle, la décomposition est même totale à 180° avec formation de propane et de propylène d'après l'équation $(C^3H^7)^2SnI^2 = SnI^2 + C^3H^6 + C^3H^8$.

Préparation des diiodures de stannoalcoyles. — Pour préparer $(CH^3)^2SnI^2$, on chauffe en tube scellé l'étain et l'iodure de méthyle pendant 30 heures à 140°-145°. Après refroidissement du tube le liquide se prend en magnifiques aiguilles monocliniques, fusibles à 30°. Trouvé I % 62,65; Sn % 29,16. Calculé I % 63,02; Sn % 29,52.

$(C^2H^5)^2SnI^2$ s'obtient de même à 165°-170°. Il forme des aiguilles fusibles à 42-44°,5. Trouvé I % 58,65; Sn % 27,60. Calculé I % 58,93; Sn % 27,61.

$(C^3H^7)^2SnI^2$ est obtenu à 135°-140°. C'est un liquide bouillant entre 270° et 273° et à 166°-167° sous 10^{mm} de Hg. Il se décompose partiellement à la distillation même sous pression réduite. Trouvé I % 55,29; Sn % 25,74. Calculé I % 55,29; Sn % 25,92.

Le diiodure de stannoisobutyle $(C^4H^9)^2SnI^2$ s'obtient à 170°. Liquide incolore bouillant à 290°-295°. Trouvé I % 52,90; Sn % 23,95. Calculé I % 52,15; Sn % 24,43.

---

[1] Séance du 2 août 1937.
[2] *Bull. Soc. Chim.*, 34, 1880, p. 475; *Comptes rendus*, 88, 1879, p. 1112.
[3] *Lieb. Ann.*, 85, 1853, p. 329.

Le diiodure de stannoisoamyle $(C^5H^{11})^2SnI^2$ est obtenu à 180° pendant 35 heures sous forme d'un liquide incolore huileux, distillant sous pression réduite (8^{mm} Hg) 202-205°. Trouvé I % 49,81; Sn % 22,88. Calculé I % 49,32; Sn % 23,10.

Action des diiodures des stannoalcoyles sur les amines aromatiques. — En faisant agir ces iodures sur des amines aromatiques, nous avons obtenu les produits dans lesquels 1^{mol} de diiodure est unie à 2^{mol} d'amine.

1. *Diiodure de stannométhyle et pyridine.* — Si l'on ajoute le diiodure de stannométhyle à une solution alcoolique de pyridine, on obtient un précipité blanc cristallin qui essoré et séché à l'air devient jaune; il est soluble dans l'eau et fond à 151-152°. L'analyse conduit à la formule $(CH^3)^2SnI^2.2C^5H^5N$. Trouvé I % 45,01; Sn % 19,98. Calculé I % 45,27; Sn % 21,21.

Diiodure de stannométhyle et aniline. — En opérant comme précédemment avec l'aniline pure, on obtient des cristaux blancs prismatiques, fusibles à 109-110°. Le produit analysé correspond à la formule $(CH^3)^2SnI^2.2C^6H^5NH^2$. Trouvé I % 43; Sn % 20,30. Calculé I % 43,14; Sn % 20,20.

Diiodure de stannométhyle et orthotoluidine. — En mélangeant le diiodure de stannométhyle avec une solution d'orthotoluidine dans le Cl^4C, on obtient un précipité blanc d'aiguilles fusibles à 69-70°, qui correspond à la formule $(CH^3)^2SnI^2.2CH^3C^6H^4NH^2$. Trouvé I % 41,05; Sn % 19,20. Calculé I % 41,16; Sn % 19,28.

Diiodure de stannométhyle et picoline. — Si l'on ajoute à une solution de picoline dans le benzène le diiodure de stannométhyle, on obtient un précipité cristallin que l'on essore et sèche rapidement parce qu'il se liquéfie à l'air, et qui correspond à la formule $(CH^3)^2SnI^2.2CH^3C^5H^4N$. Trouvé I % 42,70. Calculé I % 43,14.

Diiodure de stannométhyle et diéthylaniline. — Avec une solution alcoolique de diéthylaniline on obtient des cristaux blancs prismatiques, fusibles à 88-89°. L'analyse du produit conduit à la formule $(CH^3)^2SnI^2.2C^6H^5N(C^2H^5)^2$. Trouvé I % 36,30; Sn % 17,10. Calculé I % 36,23; Sn % 16,97.

Diiodure de stannométhyle et quinaldine. — En opérant comme précédemment on obtient de fines aiguilles blanches qui jaunissent à l'air, solubles dans l'eau et fusibles à 110-111°. Le produit correspond à la formule $(CH^3)^2SnI^2.2CH^3C^9H^6N$. Trouvé I % 37,00; Sn % 16,95. Calculé I % 36,80; Sn % 17,26.

2. *Diiodure de stannométhyle et pyridine.* — En mélangeant le diiodure de stannoéthyle avec une solution alcoolique de pyridine, on obtient des cristaux prismatiques légèrement jaunâtres, fusibles à 115-116°. L'analyse du produit correspond à la formule $(C^2H^5)^2SnI^2.2C^5H^5N$. Trouvé I % 43,10; Sn % 20,31. Calculé I % 43,14; Sn % 20,20.

3. *Diiodure de stannopropyle et pyridine.* — Si l'on ajoute le diiodure de stannopropyle à une solution alcoolique de pyridine, on obtient des cristaux prismatiques, fusibles à 64-65°. Le produit correspond à la formule $(C^3H^7)^2SnI^2.2C^5H^5N$. Trouvé I % 41,24; Sn % 18,63. Calculé I % 41,16; Sn % 19,28.

Diiodure de stannopropyle et aniline. — En opérant comme précédemment, on obtient des cristaux octaédriques solubles dans le CCl^4, dont l'analyse conduit à la formule $(C^3H^7)^2SnI^2.2C^6H^5NH^2$. Trouvé I % 39,10; Sn % 18,10. Calculé I % 39,38; Sn % 18,40.

Diiodure de stannopropyle et diéthylaniline. — Préparé comme le précédent. Beaux grands cristaux brillants, fusibles à 63-64°. L'analyse du produit conduit à la formule $(C^3H^7)^2SnI^2.2C^6H^5N(C^2H^5)^2$. Trouvé I % 34,00; Sn % 15,21. Calculé I % 33,55; Sn % 15,72.

Diiodure de stannopropyle et quinaldine. — Comme cristaux prismatiques, fusibles à 71-72° de la formule $(C^3H^7)^2SnI^2.2CH^3C^9H^6N$. Trouvé I % 34,12; Sn % 15,21. Calculé I % 34,09; Sn % 15,97.

4. *Diiodure de stannoisobutyle et diéthylaniline.* — Si l'on ajoute le diiodure de stannoisobutyle à une solution alcoolique de diéthylaniline, on obtient des cristaux blancs de la formule $(C^4H^9)^2SnI^2.2C^6H^5N(C^2H^5)^2$. Trouvé I % 32,90; Sn % 15,70. Calculé I % 32,30; Sn % 15,12.

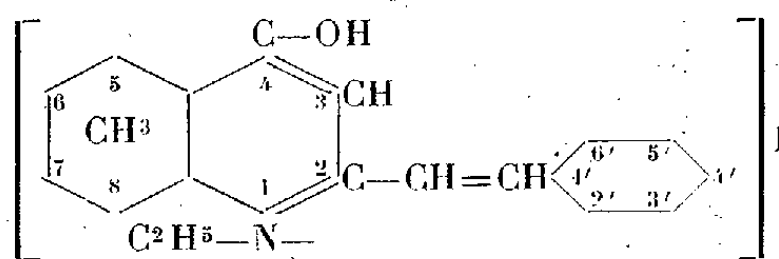
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation des 2.6-diméthyl et 2.8-diméthyl 4-hydroxyquinoléines et de leurs dérivés avec les aldéhydes aromatiques.* Note de MM. **André Meyer** et **Henri Drutel**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons constaté que les 2.6 et 2.8-*diméthyl 4-hydroxyquinoléines* se condensent très difficilement avec les aldéhydes aromatiques, comme c'est le cas pour la *4-hydroxyquinaldine* ([1]).

Au contraire leurs sels d'ammonium quaternaires, leurs éthers-oxydes et leurs dérivés 4-chlorés, récemment décrits ([2]), fournissent plus aisémen des *styrilquinoléines*.

I. *Les iodoéthylates des* 2.6 *et* 2.8-*diméthyl 4-hydroxyquinoléines* se condensent directement avec un excès d'aldéhyde, sans emploi de solvant, par chauffage au bain d'huile pendant 3 ou 4 heures vers 130-140°. La réaction est accélérée par une trace de base secondaire (pipéridine, diéthylamine) et le mécanisme de la condensation peut s'interpréter comme dans le cas des dérivés de la *4-hydroxyquinaldine* (*loc. cit.*).

Les produits obtenus sont tous colorés du jaune au rouge. Leur formule général est



([1]) André Meyer et Mlle Madeleine Maurin, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 931; Mlle Madeleine Maurin, *Annales de Chimie*, 4, 1935, p. 301.

([2]) André Meyer et Henri Drutel, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1824, et 205, 1937, p. 148.

L'aldéhyde *salicylique* conduit au 1-*iodoéthylate* (2'-*hydroxy*-2-*styril*) 4-*hydroxy* 8-*méthylquinoléine*, $C^{20}H^{20}O^{2}NI$, aiguilles jaune citron, à odeur d'aldéhyde salicylique; P. F. 248-249°. Avec l'aldéhyde *cinnamique*, on obtient le 1-*iodoéthylate* de 2-*cinnamylidène* 4-*hydroxy* 6-*méthylquinaldine*, $C^{22}H^{22}ONI$; P. F. 198-199°, aiguilles jaune orangé à odeur de cannelle. L'aldéhyde *anisique* fournit le 1-*iodoéthylate de* (4'-*méthoxy*-2-*styril*) 4-*hydroxy* 6-*méthylquinoléine*, $C^{21}H^{22}O^{2}NI$; P. F. 260-261°; cristaux jaune citron, d'odeur anisée.

Avec la *vanilline*, on a préparé le 1-*iodoéthylate de* (3'-*méthoxy*-4'-*hydroxy*-2-*styril*) 4-*hydroxy*-8-*méthylquinoléine*, $C^{21}H^{22}O^{3}NI$; P. F. 210-212°, aiguilles jaune orangé, d'odeur vanillée. Le *pipéronal* donne respectivement le 1-*iodoéthylate de* (3'-4'-*méthylène-dioxy*-2-*styril*) 4-*hydroxy* 6-*méthylquinoléine*, $C^{21}H^{20}O^{3}NI$; P. F. 271-272°, aiguilles jaunes, et le 1-*iodoéthylate de* (3'-4'-*méthylène-dioxy*-2-*styril*) 4-*hydroxy* 8-*méthylquinoléine*, $C^{21}H^{20}O^{3}NI$; P. F. 208-209°, aiguilles jaunes, tous deux à odeur d'héliotropine.

Dans les mêmes conditions, l'aldéhyde *p-diméthylaminobenzoïque* produit les 1-*iodoéthylate de* (4'-*diméthylamino*-2-*styril*) 4-*hydroxy* 6-*méthylquinoléine*, $C^{22}H^{25}ON^{2}I$; P. F. 253°, et 1-*iodoéthylate de* (4'-*diméthylamino*-2-*styril*) 4-*hydroxy* 8-*méthylquinoléine*, $C^{22}H^{25}ON^{2}I$; P. F. 218-219°, cristaux rouge foncé, peu solubles dans la plupart des solvants organiques, sauf l'alcool.

II. Les *éthers-oxydes* des 2.6- *et* 2.8-*diméthyl* 4-*hydroxyquinoléines* conduisent à des *styrilquinoléines colorées*, par chauffage vers 140°, sans solvant, avec les aldéhydes aromatiques, en présence de déshydratants ($Cl^{2}Zn$, $SO^{4}H^{2}$, etc.) : ainsi, la 2.8-*diméthyl* 4-*éthoxyquinoléine* donne, avec la *p*-diméthylaminobenzaldéhyde, la (4'-*diméthylamino*-2-*styril*) 4-*éthoxy* 8-*méthylquinoléine*, $C^{22}H^{24}ON^{2}$; P. F. 174-175°, cristaux rouge sombre en milieu acide, jaunes en milieu alcalin, solubles dans l'alcool, peu solubles dans l'éther, insolubles dans les alcalis.

III. La 2.8-*diméthyl* 4-*chloroquinoléine*, chauffée avec la quantité équimoléculaire d'aldéhyde *p*-diméthylaminobenzoïque, en milieu anhydride acétique bouillant, fournit, sous condition d'ajouter pendant la réaction une trace d'alcool, la (4'-*diméthylamino*-2-*styril*) 4-*chloro* 8-*méthylquinoléine*, $C^{20}H^{19}N^{2}Cl$; P. F. 127-128°, belles aiguilles jaunes, solubles dans les solvants organiques. Ce produit, comme d'autres de la série, vire du jaune au rouge violacé par passage du milieu alcalin en milieu acide, mais il est très sensible aux variations du pH, et constitue un véritable indicateur.

IV. Nous avons essayé de condenser directement la 2.8-*diméthyl 4-hydroxyquinoléine*, par exemple, avec l'aldéhyde *p*-diméthylaminobenzoïque, en chauffant dans l'anhydride acétique bouillant des quantités équimoléculaires des deux composants, en présence d'un peu d'oxychlorure de zinc. Par addition d'un peu d'alcool au cours de la réaction, la solution, primitivement jaune clair, vire brusquement au rouge violet intense, et après cristallisation et purification, on isole la (*4'-diméthylamino-2-styril*) *4-hydroxy 8-méthylquinoléine*, $C^{20}H^{20}ON^2$; P. F. 314°, constituant des cristaux jaune citron, peu solubles dans les solvants organiques, sauf l'alcool, et donnant en milieu acide des solutions rouge violet intense.

On obtient le même dérivé en traitant *le dérivé benzoylé de la 2.8-diméthyl 4-hydroxyquinoléine* par l'aldéhyde *p*-diméthylaminobenzoïque, dans l'anhydride acétique bouillant, après addition au cours de la réaction de quelques gouttes d'alcool. Après saponification du dérivé benzoylé transitoire formé, laquelle se produit spontanément, le composé ainsi préparé fond en effet à 315-316° et présente les mêmes propriétés que le précédent. Leur identité est confirmée par l'analyse.

Des conditions de ces dernières réactions, il résulterait que, dans le premier cas, il y a eu acétylation transitoire de la 2.8-diméthyl 4-hydroxyquinoléine, puis condensation de ce dérivé acétylé avec l'aldéhyde : la styrilquinoléine acétylée, très instable, comme tous les éthers-sels des hydroxyquinaldines, se saponifie spontanément en donnant le composé hydroxylé libre. On confirme ainsi l'impossibilité déjà signalée d'obtenir directement des produits de condensation des 4-hydroxyquinaldines sans éthérification préalable de l'hydroxyle.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les grains orageux dans l'Afrique de l'Ouest.* Note de M. Henry Hubert.

L'interprétation de deux sondages aérologiques effectués par avion en A. E. F. (¹) permet de formuler ici quelques remarques supplémentaires au sujet du mécanisme des grains orageux dans l'Afrique de l'Ouest, tel que je l'ai exposé à diverses reprises depuis 1911.

Avant que la mousson s'établisse, l'harmattan a, en gros, une température

(¹) Lapeyre, *Ann. Phys. du Globe de la France d'Outre-Mer*, 12, 1935, p. 161; Gouault, *ibid.*, 16, 1936, p. 97.

variant de 20° à 45° au sol, et voisine de 0° vers 4200-4500^m. Son humidité spécifique est de l'ordre de 2-5^g. Les températures s'y répartissent, en altitude, le long d'une adiabatique sèche pour les heures les plus chaudes de la journée, et dans une position intermédiaire entre l'adiabatique sèche et l'adiabatique saturée pour les heures fraîches du matin.

Lorsque la mousson commence à souffler, les valeurs de sa température au sol sont encore très élevées : 22° à 35°, son humidité spécifique est de l'ordre de 14 à 17^g, et la décroissance de sa température en altitude se fait le long d'une adiabatique saturée. Par beau temps, l'harmattan, alors superposé à la mousson, garde ses caractères propres, la température de sa base étant comparable, au moins le matin, à celle du sommet de la mousson, ce qui traduit des conditions d'équilibre.

Lorqu'un grain orageux s'élabore, le réchauffement du sol provoque, dans la mousson, des situations fort complexes. Notons simplement qu'aux points où les courants ascendants ont apporté en altitude une quantité supplémentaire suffisante de vapeur d'eau, des cumulus s'individualisent. Chauffés à leur partie supérieure par le soleil, ils se vaporisent plus ou moins, si bien que le transport de la vapeur d'eau jusqu'à la base de l'harmattan n'est pratiquement pas interrompu.

Mais, du fait du déplacement de l'harmattan par rapport à la mousson, la zone limite des deux courants se réchauffe moins vite que la mousson elle-même, ce qui favorise de nouvelles condensations. Elles peuvent ainsi couvrir de vastes surfaces à la base de l'harmattan, malgré qu'ait pu s'atténuer la différence de température due à la difficulté de mélange (chaleur de condensation). A partir de ce moment, la base et le sommet de l'harmattan présentent des différences considérables (température, humidité spécifique, condensations) constituant un état d'équilibre particulièrement instable.

Lorsque les cumulus de l'harmattan se développent par d'incessants apports de vapeur d'eau, la masse d'air que ces nuages englobent absorbe une grande partie des radiations solaires. Bien qu'il y ait, là encore, vaporisation superficielle de ces nuages, il y a surtout augmentation de leur température interne, puis de leur pression interne, et cette dernière, plus encore que les courants ascendants, provoque des bourgeonnements, voire même des projections verticales. Les détentes que celles-ci traduisent sont parfois si brutales qu'elles entraînent un refroidissement très rapide de la masse d'air environnante : ce refroidissement est d'ailleurs rendu visible par la présence de capuchons cirriformes dans les parties refoulées vers le haut par l'air des nuages.

Au fur et à mesure de l'extension verticale des nuages dans l'harmattan, l'humidité spécifique augmente dans ce courant; progressivement, de bas en haut, des valeurs du même ordre que dans la mousson sont atteintes.

Lorsque la condensation s'est développée sur plusieurs kilomètres en altitude et que les apports de vapeur d'eau continuent à maintenir (ou augmenter) la pression interne des nuages, les détentes successives qui se produisent (horizontalement cette fois) abaissent progressivement la température de l'harmattan (condensations cirriformes latérales à l'extérieur du sommet des nuages). Cet abaissement est à la fois amplifié et généralisé par les pluies très froides qui tombent du sommet des nuages et se vaporisent au cours de leur chute. Finalement, la température de la masse de l'harmattan peut devenir très basse par rapport à celle du sommet de la mousson, et cela au point que, localement au moins, la densité de l'air y devient plus élevée. Les phénomènes de détente à la base de l'harmattan sont alors accompagnés de phénomènes d'écrasement qui viennent intensifier les actions mécaniques.

Lorsque le grain est déclenché et qu'il se nourrit suffisamment en cours de route, ses caractères s'amplifient (fronts froids marqués par des différences thermiques de 17° à Bangui, de 19°,5 à Fort-Lamy).

Après le passage du front froid, l'harmattan, même quand il souffle encore au sol, reprend progressivement ses caractères normaux. En moins d'une heure parfois, il retrouve sa très basse humidité spécifique.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques propriétés des cellules de coiffe de* Lupinus albus. Note [1] de M. **Roger Gautheret**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours de recherches antérieures, nous avons étudié la survie des cellules isolées de coiffe de *Lupinus albus*. Nous avons constaté que, si l'on cultive ces cellules dans un milieu glucosé, elles survivent longtemps, accumulent de l'amidon et s'accroissent, mais ne se multiplient pas [2]. Nous avons aussi montré que la racine de *Lupinus albus* agit sur les cellules de coiffe maintenues dans son voisinage en augmentant leur survie [3]. Nous

---

(1) Séance du 30 août 1937.

(2) R.-J. Gautheret, Mémoire n° 1 de la *Revue de cytologie et de cytophysiologie végétales*.

(3) R.-J. Gautheret, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 887.

allons résumer ici les résultats de nouvelles expériences qui nous ont permis de préciser certains faits relatifs à la physiologie des cellules isolées de coiffe.

Poursuivant nos recherches sur la formation d'amidon dans les cellules de coiffe, nous avons constaté que cette élaboration peut s'opérer non seulement à partir du glucose, mais également aux dépens du fructose ou du saccharose. Des cellules isolées, placées dans un milieu renfermant l'un quelconque de ces sucres, produisent de volumineux grains d'amidon.

La survie de ces cellules, en présence de glucose est supérieure à celle observée en l'absence d'éléments nutritifs. Toutefois dans ce dernier cas, c'est-à-dire dans un milieu constitué uniquement par de l'eau gélosée, les cellules de coiffe survivent d'autant plus longtemps qu'elles renferment davantage d'amidon au moment de leur isolement. Ceci indique que l'amidon peut suppléer à l'absence d'éléments nutritifs dans le substratum.

Haberlandt ([4]), Thielman et Berzine ([5]), Pfeiffer ([6]) ont déjà signalé que les cellules végétales cultivées *in vitro* acquièrent une pression osmotique supérieure à celle que possèdent des éléments normaux. Nous avons effectué des mesures qui confirment cette opinion en la précisant. La pression osmotique des cellules isolées de coiffe augmente au cours de leur survie, même lorsque le milieu ne renferme ni sucre utilisable, ni sels minéraux. Dans de telles conditions, la pression osmotique, qui est initialement voisine de 5^{atm}, atteint 15^{atm} après 18 jours de survie. Cette valeur peut être dépassée lorsque les cellules expérimentées renferment de l'amidon au moment où elles se détachent de la coiffe. Si le milieu contient 2 pour 100 de glucose, la concentration vacuolaire des cellules de coiffe augmente rapidement et atteint des valeurs élevées, ainsi que l'indique le tableau suivant :

Pression osmotique de cellules isolées de coiffe de Lupinus albus *cultivées dans un milieu renfermant* 2 *pour* 100 *de glucose.*

Temps écoulé depuis l'isolement des cellules.	30 m.	2 h.	10 h.	2 j.	6 j.	9 j.	11 j.	14 j.	19 j.	22 j.	26 j.
Pression osmotique en atmosphères	10	14	17	20	22	24	27	30	35	38	42

([4]) *Sitz. K. Akad. Wiss.*, Berlin, 16, 1913, p. 318-345.
([5]) *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1927, p. 87.
([6]) *Arch. f. exp. Zellf.*, 14, 1933, p. 152.

La membrane cellulaire ne résiste pas toujours à cette pression et les cellules cultivées sur milieu sucré éclatent fréquemment ainsi que nous l'avons indiqué ([2]). Ce phénomène ne se produit que rarement si le milieu est dépourvu de sucre, ce qui montre que la rupture de la membrane est bien due à une pression osmotique excessive. Cette augmentation considérable de la pression vacuolaire est particulière aux cellules isolées; les tissus d'une racine cultivée dans un milieu glucosé sont le siège d'un phénomène analogue, mais bien moins accusé.

La turgescence des cellules isolées de coiffe varie en sens inverse de la température. Ces éléments se plasmolysent plus aisément après avoir été cultivés à température élevée que si on les a conservés à basse température. Si l'on maintient pendant quelques minutes des cellules à 58-60°, elles ne sont pas tuées et leur pression osmotique tombe de 30 à 18^{atm} par exemple. En outre, à cette température, les grains d'amidon se gonflent et disparaissent complètement, phénomène déjà signalé par Nemec. On peut supposer qu'il s'agit d'un processus de solvatation de l'amidon.

Nous avons déjà signalé que des cellules de coiffe cultivées sur milieu sucré sont capables de s'accroître. Cette croissance ne se manifeste pas en l'absence de sucre et paraît donc être liée à la pression élevée régnant à l'intérieur des cellules. En outre, l'accroissement des cellules de coiffe est consécutif à une diminution de leur pression osmotique et nous avons remarqué que la concentration vacuolaire des cellules ayant terminé leur croissance est toujours inférieure à celle d'éléments n'ayant pas subi de modifications. Les cellules qui se sont ainsi développées sont donc moins turgescentes que les autres; elles n'éclatent que rarement et leur survie est augmentée. La présence de la racine à proximité des cellules de coiffe favorise la croissance de ces dernières et nous pensons que c'est une des raisons pour lesquelles elle augmente leur survie. Cette explication ne doit pas être générale ainsi que nous le montrerons ultérieurement.

En résumé nos expériences prouvent que :

1° l'élaboration d'amidon par les cellules de coiffe de *Lupinus albus* peut se produire indifféremment à partir des sucres suivants : glucose, fructose, saccharose;

2° la pression osmotique des cellules isolées de coiffe augmente au cours de leur survie, surtout si le milieu renferme du glucose. Ce phénomène explique certains faits tels que l'éclatement ou la croissance des cellules maintenues dans un milieu sucré.

IMMUNOLOGIE. — *L'utilisation des anatoxines dans le traitement des toxi-infections en évolution. La séro-anatoxithérapie.* Note de M. **Gaston Ramon**, présentée par M. Louis Martin.

Le succès de l'emploi de l'anastaphylotoxine dans la thérapeutique de diverses affections dues au staphylocoque ([1]) nous a donné l'idée d'utiliser dans le traitement de certaines autres toxi-infections, par exemple la diphtérie et le tétanos, les anatoxines spécifiques jusqu'ici réservées à la prévention de ces maladies. D'autre part nous avons été dirigé dans la réalisation de cette idée par l'ensemble des résultats acquis dans la pratique de la sérovaccination anatoxique, méthode qu'avec A. Laffaille ([2]) et Chr. Zœller ([3]) nous avons établie et appliquée dès 1925 et qui, depuis cette époque, est d'usage courant lorsqu'il s'agit d'immuniser contre la diphtérie des enfants que l'on présume contaminés, ou bien lorsqu'il est nécessaire et urgent de préserver du tétanos des individus blessés.

Ainsi guidé, nous avons entrepris avec nos collaborateurs, de nombreuses recherches dans le but de déterminer expérimentalement les conditions d'application du traitement tel que nous le concevions. Nous ferons connaître ailleurs et plus tard, en détail, ces recherches. Dans la présente Note, nous nous bornerons à indiquer le principe de la thérapeutique nouvelle en soulignant l'intérêt qu'elle offre.

Il ne pouvait être question, dans l'état actuel de nos connaissances, d'utiliser dans le traitement d'affections telles que la diphtérie et le tétanos dont l'évolution est souvent rapide, l'anatoxine exclusivement, l'immunité qu'elle provoque et à laquelle elle doit son efficacité étant relativement lente à s'établir et le malade risquant, de ce fait, de succomber avant d'avoir pu en tirer quelque profit pour son salut. L'injection de sérum spécifique demeure la mesure primordiale et pressante, elle déverse dans l'organisme du malade l'antitoxine qui lui fournit immédiatement le moyen d'entrer en lutte contre l'intoxication envahissante. Mais, associée à la sérothérapie, l'anatoxithérapie spécifique peut apporter un concours précieux à l'œuvre de complète et définitive guérison.

([1]) *Presse Médicale*, 45, n°s 48 et 50, 1937, p. 889 et 929.
([2]) G. Ramon et A. Laffaille. *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1925, p. 582.
([3]) G. Ramon et Chr. Zœller, *Annales Institut Pasteur*, 41, 1927, p. 803.

En effet, réalisée, par exemple, au moyen de deux injections faites simultanément, dès le diagnostic posé, l'une massive de sérum, l'autre plus faible d'anatoxine, suivies à un certain nombre de jours d'intervalle de deux ou plusieurs injections d'anatoxine seule, la séro-anatoxithérapie fait succéder à l'immunité passive, instantanée mais éphémère, l'immunité active qui s'installe progressivement ([4]) et qui est stable et durable.

La séro-anatoxithérapie ainsi comprise (d'autres formules sont encore possibles, nous les étudions) possède un certain nombre d'avantages dont nous citerons les principaux. Elle permettra de réduire et même de supprimer totalement les réinjections de sérum qui ne sont pas sans causer de véritables dommages aux organismes déjà plus ou moins profondément atteints par la maladie. Tout en ayant, sans doute, un effet utile vis-à-vis des complications de l'affection en cause, la séro-anatoxithérapie permettra, en outre, d'éviter les rechutes précoces ou les récidives lointaines, les unes et les autres assez fréquentes en ce qui concerne spécialement la diphtérie ([5]). Grâce à l'immunité active provoquée par l'anatoxine, le malade sera en effet immunisé pour un temps très long et vraisemblablement pour le reste de sa vie.

On pourrait craindre, chez certains sujets « sensibilisés », des réactions d'ordre allergique à l'égard des anatoxines, mais l'utilisation de ces dernières chez des millions de sujets à l'occasion des vaccinations antidiphtérique et antitétanique a montré que les réactions sont rares après l'injection d'anatoxine diphtérique, rarissimes après l'injection d'anatoxine tétanique ([6]). De plus, l'emploi des anatoxines purifiées permettrait sinon d'empêcher complètement les réactions, du moins d'en réduire sensiblement la fréquence et l'intensité.

([4]) Chez un certain pourcentage de sujets atteints de diphtérie on peut constater la succession *spontanée* de l'immunité passive et de l'immunité active, celle-ci étant due à l'antigène (toxine) élaboré au niveau de la gorge du malade par l'agent causal de la diphtérie (G. Ramon, Robert Debré et Jean Bernard, *C. R. Soc. Biol.*, **114**, 1933, p. 109).

([5]) Voir par exemple G. Tron, *Presse Médicale*, **45**, n° **18**, 1937, p. 336; Andreassian, *Presse Médicale*, **45**, n° **57**, 1937, p. 1064.

([6]) D'ailleurs, en quelques occasions, l'anatoxine diphtérique par exemple a pu être injectée chez des malades sans provoquer de réactions graves (Safonoff, A. G. Cusatelli, P. Sormani, E. Aubertin et P. Boudou, etc.). Dans le cas rapporté par Aubertin et Boudou, à la suite d'une erreur, 150$^{cm^3}$ d'anatoxine diphtérique ont été injectés à un malade, au lieu de sérum, et cela sans suites fâcheuses (*Paris-médical*, **22**, 1932, p. 393).

Telle est, dans son principe et avec quelques-uns de ses avantages pratiques, la séro-anatoxithérapie. Elle s'ajoute aux applications déjà nombreuses des anatoxines : vaccinations, vaccinations associées, séro-vaccinations, anatoxithérapie. Ainsi se trouve amplement justifié ce que nous écrivions en 1925, au lendemain de la découverte des anatoxines : « Nous entrons donc en possession d'une méthode générale permettant de transformer à volonté les antigènes les plus toxiques en antigènes inoffensifs ou, comme nous les avons appelés, en anatoxines qui pourront être utilisés soit dans le domaine expérimental, soit dans la thérapeutique préventive et même curative de certaines maladies de l'homme et des animaux ([7]) ».

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 août 1937.)

Note de M. *Marcel Avel*, Étude expérimentale de la morphogenèse du système nerveux central dans la régénération de la tête des Lombrics :

Page 448, dans les deux notes du bas de la page, *au lieu de* 204, *lire* 205.

([7]) G. Ramon, *Annales Institut Pasteur*, 39, 1925, p. 1.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1937. (*Suite et fin.*)

Hybrides sexuels et Mosaïques. L'œuvre de Mendel et de Naudin, présentée au Palais de la Découverte de l'Exposition internationale de Paris 1937, par LOUIS BLARINGHEM, M. ALABOUVETTE, L. DANIEL, A. GUILLAUMIN, R. KÜHNER, Mme L. LAVIER-GEORGE, R. MAIRE, E. MARSAIS, A. MEUNISSIER, E. MIÈGE, M. SIMONET, Mme C. SOSA-BOURDOUIL. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 fasc. 20 cm.

L'enseignement de la botanique au XVIe siècle à la Faculté de Médecine de l'Université de Caen, par A. BIGOT. Caen, Imprimerie Caron et Cie, 1937; 1 fasc. 25cm.

Julien Costantin 1857-1936. *Liste des Mémoires ou Ouvrages de Julien Costantin.* — *Julien Costantin, biologiste,* par LOUIS BLARINGHEM. Extrait des *Annales Sc. Nat. Botanique,* 10e série, tome XIX, 1937. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 fasc. 24cm.

Archives de Neurologie. Comptes rendus des travaux du Service de Neurologie de l'Institut des maladies mentales, nerveuses et endocrinologiques de Bucarest, directeur, D. PAULIAN, première année, nos 1 et 2. Bucarest, Imprimerie « Cultura », 1937; 2 vol. 24cm,5 (présenté par M. Guilliermond).

Charles Flahault, 1852-1935, publié par le Comité du souvenir Charles Flahault. Montpellier, Causse, Graille et Castelnau, s. d.; 1 vol. 25cm.

Structure des théories. Problèmes infinis, par GEORGES BOULIGAND, in *Actualités scientifiques et industrielles,* 548, *Exposés d'histoire et philosophie des sciences,* IX. Paris, Hermann et Cie, 1937; 1 vol. 25cm,5.

Arts et techniques de la santé, par GASTON DANIEL et ALBERT DANIEL, tomes I et II. Paris, G. Doin et Cie, 1937; 2 vol. 28cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 SEPTEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 203 (juillet-décembre 1936) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

GÉOCHIMIE AGRICOLE. — *Présence et répartition du bore dans les sels potassiques d'Alsace.* Note de M. **Gabriel Bertrand**.

Il existe de petites quantités de bore dans les eaux marines ([1]). Les dépôts de sel gemme, les dépôts de sels potassiques et magnésiens comme ceux de Stassfurt et d'Alsace, devant provenir de l'évaporation de l'eau de mer aux temps géologiques, il est probable qu'ils ont dû retenir des proportions de bore plus ou moins grandes, suivant le degré de concentration de la liqueur salée dans laquelle ils ont pris naissance. Certains de ces dépôts sont exploités comme engrais. D'autre part, le bore doit être considéré aujourd'hui comme un élément constitutif de la matière végétale ([2]). Ces considérations m'ont conduit à rechercher dans quelle proportion le bore pouvait exister dans nos gisements potassiques de l'Est.

Grâce à l'obligeance de la Direction des Services scientifique et agricole

---

([1]) Avec H. Agulhon nous avons trouvé $56^{mg},3$ d'acide borique (BO^3H^3) par litre d'eau de la Méditerranée, ce qui correspond à $9^g,85$ (ou environ 10^g) de bore par mètre cube (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, **15**, 1914, en note au bas de la page 293).

([2]) Gabriel Bertrand, *C. R. Ac. Agric.*, **21**, 1935, p. 983 et 1039.

de la Société des Potasses d'Alsace, j'ai pu disposer de deux séries de blocs qui, mis bout à bout, représentaient : la première, une tranche verticale complète de la couche supérieure de sylvinite [3] exploitée dans la mine Amélie; la seconde, une tranche également complète de la couche inférieure du même minéral exploitée dans la mine Joseph Else.

Ces tranches ou couches de sylvinite sont formées par la superposition de plusieurs dépôts salins, d'épaisseurs très différentes, allant de quelques centimètres à plus d'un mètre, séparés par de minces feuillets d'argile grise. La couche de la mine Amélie comportait seulement trois dépôts de cette sorte, tandis qu'il y en avait vingt-huit dans la couche Joseph Else. J'ajouterai que la couleur des dépôts était loin d'être uniforme : le plus souvent nulle ou blanc gris, elle était parfois franchement grise, parfois rosée ou même rouge; elle variait, en outre, non seulement d'un dépôt à l'autre, mais aussi suivant la hauteur dans un même dépôt.

Pour les analyses, des prélèvements ont été faits à diverses hauteurs, dans l'épaisseur même des blocs afin d'éviter les souillures de la surface, et la méthode de dosage que j'ai décrite autrefois avec Agulhon a été utilisée [4].

Huit échantillons de sels ont été prélevés dans la couche Amélie et autant dans la couche Joseph Else, les uns aux dépens de zones incolores, les autres de zones diversement colorées. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Mine Amélie.			Mine Joseph Else.		
Hauteur des prélèvements [5].	Couleur des zones.	Bore en mg. par kg.	Hauteur des prélèvements.	Couleur des zones.	Bore en mg. par kg.
env. 20cm	incolore	3	2,5-5cm	rouge	6
– 25	–	1,5	4-6	rose	1
– 50	–	1	env. 315	rouge	1,5
– 100	–	1	– 330	incolore	1,5
– 115	–	4	– 375	rouge	3
– 133	rose	2	– 390	incolore	2
– 145	rouge	5	– 396	rose	1,5
– 156-157	grise	20	– 398-399	grise	10

(3) Mélange à des degrés divers de chlorures de potassium et de sodium (*voir* Camille Horst, *Bull. Soc. indust. Mulhouse*, **90**, 1924, p. 497).

(4) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **15**, 1914, p. 197. On trouvera les autres détails dans un mémoire qui paraîtra prochainement.

(5) Comptée à partir du bas de la couche.

Une première différence s'impose à l'observation quand on compare ces résultats entre eux : celle qui existe entre les deux zones grises (156-157 Amélie et 398-399 Joseph Else), situées au voisinage de l'argile limitant vers le haut (toit de mine) les couches de sylvinite, d'une part, et les zones dont l'ensemble constitue la masse presque totale de ces couches, d'autre part.

Les zones grises supérieures, en contact avec l'argile et probablement même colorées par la présence d'une quantité notable de celle-ci, sont beaucoup plus riches en bore que les autres : 10 et 20 milligrammes par kilogramme au lieu de 1 à 6.

Cette différence m'a amené à déterminer le bore dans les enduits d'argile encore fixés aux faces supérieures et inférieures des couches de sylvinite et aussi dans quelques-uns des feuillets argileux intermédiaires. Voici les chiffres trouvés :

Mine Amélie.		Mine Joseph Else.	
Hauteur des prélèvements.	Bore en mg. par kg.	Hauteur des prélèvements.	Bore en mg. par kg.
A la face infér. de la couche	500	A la face infér. de la couche	50
112cm	250	321cm	100
120cm	100	282cm	200
A la face supér. de la couche	150	347cm	50
—	—	A la face supér. de la couche	250

Ainsi l'argile adhérent aux faces inférieures et supérieures des couches de sylvinite, celle aussi qui sépare les divers dépôts salins dont les couches sont formées, renferme des quantités relativement très fortes de bore ([6]).

A la lumière de cette constatation, il devient facile d'interpréter les résultats obtenus par le dosage du métalloïde dans la sylvinite d'Alsace.

Les zones incolores ou faiblement colorées, dont l'ensemble constitue la masse principale des couches salines, ne renfermeraient que 1 à 2mg de bore par kilogramme, c'est-à-dire de 1 à 2gr par tonne.

Les zones fortement colorées en gris ou en rouge auraient une teneur d'autant plus forte qu'elles contiendraient une plus grande quantité de matière colorante : on y trouverait de 2 à 6mg de bore par kilogramme.

([6]) Ces résultats sont à rapprocher de ceux qui ont été publiés par V. M. Goldschmidt et Cl. Peters, d'après lesquels les sédiments argileux marins renfermeraient beaucoup plus de bore que les granites et nombre de roches d'origine volcanique... (*Nachr. Gesells. Wiss. Göttingen*, 4e partie, 1931, p. 402).

Enfin, les minces zones de sels en contact avec les dépôts argileux renfermeraient, probablement en raison de cette proximité, une proportion plus élevée encore du métalloïde.

Quant à l'argile, elle serait d'une richesse telle que sa teneur en bore pourrait atteindre plusieurs centaines de fois celle du minéral alcalin dont elle souligne les dépôts successifs.

Au point de vue de la fabrication rationnelle des engrais, les résultats et les observations que je viens d'exposer pourront servir de guide à la réalisation de mélanges renfermant des quantités relatives de potassium et de bore conformes aux besoins des plantes cultivées.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dédoublement du nombre de chromosomes chez les plantes par traitement chimique.* Note de M. **Albert F. Blakeslee.**

Certains auteurs pensent que les tétraploïdes résultent de l'union d'œufs non réduits $2n$ avec des spermes non réduits $2n$ introduits par le pollen. Les faits décrits ci-dessous montrent que ce mécanisme n'est pas réalisé chez *Datura*. Dans plusieurs cas, on a pu prouver par des méthodes génétiques que le tétraploïde provenait de gamètes réduits $1n$. Buchholz a montré que les tubes polliniques $2n$ provenant d'un tétraploïde éclatent régulièrement sur les pistils de diploïdes; il est à prévoir, par conséquent, que les tubes $2n$ formés de temps en temps chez les plantes normales par non-réduction ne pourront pas prendre part dans la formation de plantules tétraploïdes. Les particularités des plantes, dues à des mutations chromosomiennes dans nos cultures, montrent que le dédoublement des chromosomes se produit après la formation du zygote. Nous avons observé plusieurs centaines de ces mutations. Dans quelques cas, le dédoublement s'était manifesté comme une chimère sectoriale de tissu tétraploïde dans une plante par ailleurs diploïde. Fréquemment la plante entière est impliquée. Presque toujours la plante est malformée et les feuilles sont épaisses et rugueuses. La numération des chromosomes a montré que les cellules tétraploïdes et diploïdes peuvent être présentes dans une même fleur et même dans un même anthère et que la même fleur peut contenir des grains de pollen $1n$ et $2n$, de deux dimensions différentes. Des études détaillées ont montré que la grandeur des grains de pollen constitue un bon critère pour la distinction des diploïdes et des tétraploïdes.

Le dédoublement du nombre de chromosomes dans les racines semble

être un phénomène assez commun. Dans les expériences classiques de Němec ce dédoublement était induit par le chloral hydraté et d'autres narcotiques, mais, dans beaucoup de cas, des racines contenant du tissu tétraploïde apparaissaient en dehors de toute cause connue. Il ne semblait pas possible jusqu'ici d'appliquer la méthode de Němec pour l'induction de la tétraploïdie dans la tige. C'est cette dernière, cependant, qui intéresse le cultivateur puisqu'elle porte également sur la fleur et peut ainsi conduire à la constitution de races tétraploïdes. Il y a plusieures années que j'ai essayé de produire la tétraploïdie par injection de chloral hydraté dans l'ovaire en développement. Des mutations géniques et des déficiences chromosomiennes ont apparemment été induites, mais le dédoublement du nombre des chromosomes n'a pas été obtenu. Des expériences plus récentes sur la production de mutations chez *Datura* par le radium, les rayons X, la chaleur et le vieillissement des graines ont montré que ces dernières sont le matériel de choix pour l'obtention des mutations, mais aucun de ces traitements n'a induit la tétraploïdie. Lorsqu'une graine est traitée, une partie seulement des cellules initiales qui se développent en tige subissent des mutations : ces cellules mutées fournissent des secteurs mutés dans la plante adulte.

Lorsque la valeur de la graine au point de vue de l'induction des mutations a été établie, une nouvelle tentative a été faite, en juin dernier, d'induire le dédoublement du nombre des chromosomes par traitements chimiques variés. Par exemple, le chloral hydraté à 6,4 pour 100 inhibe la germinaison. Une solution à 3,2 pour 100, ainsi que des solutions plus faibles, conduisent à la formation de plantules dépourvues de pigment pourpre qui ne se forme ensuite que très lentement. Aucune des substances essayées, excepté la colchicine [1], n'a fourni d'indication de tétraploïdie. Ce dernier alcaloïde provoque la formation abondante de branches dans lesquelles le nombre de chromosomes est double. Lorsque des graines sont traitées par des concentrations fortes, la croissance du plumule est inhibée, les tiges se développent à partir des axiles des cotylédons et les bourgeons sont placés irrégulièrement, conduisant à la formation de secteurs à feuilles rugueuses, caractéristiques du mélange de tissus $2n$ et $4n$. Le tissu diploïde a tendance à étouffer le tissu tétraploïde. Cet été, le pollen de 243 plantes

[1] L'emploi de la colchicine nous a été suggéré par M. O. J. Eigsti, alors assistant dans notre *Department of Genetics*, qui a observé des cellules polyploïdes dans des racines traitées par la colchicine.

normales, provenant de graines de notre lignée standard n° 1, a été examiné et les plantes ont été trouvées diploïdes. Sur 46 plantes provenant de graines de la même lignée, mais traitées pendant 10 jours par une solution de colchicine à 0,2 pour 100, 25 ont produit des fleurs jusqu'à ce jour. Parmi celles-ci, 7 ont présenté des grains de pollen de la grandeur caractéristique des tétraploïdes, 19 des grains caractéristiques des diploïdes et une contenait un mélange des deux. Puisque les diploïdes fleurissent avant les tétraploïdes, la proportion des derniers sera augmentée par la suite. Dans beaucoup de cas où les branches en croissance sont $2n$, on reconnaît des tissus $4n$ dans les branches inhibées. Sur les 46 plantes, 39 (ou 85 pour 100) montrent que les tissus tétraploïdes ont été produits dans quelque partie de la tige.

Des méthodes pour le traitement de tissus adultes ont également été trouvées. Le traitement des bourgeons des plantules par des solutions ou des mélanges de colchicine et de lanoline produit des modifications qui caractérisent la tétraploïdie. Nous avons déjà obtenu sous l'influence de la colchicine des modifications que nous attribuons au dédoublement somatique du nombre des chromosomes dans des genres aussi éloignés que *Datura* (plusieurs espèces), *Portulaca*, *Digitalis*, *Trifolium*, *Medicago*, *Raphanus*, *Hordeum* et *Zea*. Dans le cas de *Portulaca* la justesse de notre interprétation a été confirmée par l'examen cytologique.

Si l'induction du dédoublement du nombre de chromosomes par traitement chimique a une valeur générale, le cultivateur pourra travailler avec plus de précision pour diriger l'évolution des formes économiquement importantes, aussi bien celle des plantes propagées par des méthodes végétatives que des plantes multipliées à partir de graines. Il devrait être possible, par exemple, de synthétiser une race double-diploïde stable qui aurait la vigueur hybride et les caractéristiques désirées des tétraploïdes, à partir d'un hybride stérile. Le dédoublement du nombre des chromosomes donnerait à l'horticulteur des fleurs et des fruits plus grands; et pourrait être, par l'intermédiaire des triploïdes, l'origine d'une variété de types $2n+1$.

La tétraploïdie et la présence de chromosomes supplémentaires non balancés ont été des facteurs importants dans la constitution d'un grand nombre de nos meilleurs fruits et fleurs. En plus de l'augmentation des organes de la plante, la tétraploïdie a transformé une forme stérile en fertile, une plante dioïque en hermaphrodite, une plante annuelle en plante vivace, et a accru la résistance au froid. En Zoologie l'induction du dédou-

blement du nombre des chromosomes est un champ inexploré, mais qui sera probablement fécond. La possibilité d'induire expérimentalement le dédoublement du nombre des chromosomes est donc importante pour la génétique pratique aussi bien que pour la génétique théorique.

NOMINATIONS.

M. A. Chevalier est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du *Buste* de René Louiche Desfontaines, le 3 octobre 1937, à Tremblay (Ille-et-Vilaine).

CORRESPONDANCE.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur le théorème de Goldbach-Vinogradow.* Note de M. J. G. van der Corput.

Il y a quelques mois M. I. M. Vinogradow [1] a démontré de façon ingénieuse que tout nombre impair suffisamment grand est la somme de trois nombres premiers. Sa méthode me permet de démontrer ce qui suit.

Supposons que K, K′ et K″ soient entiers $\neq 0$ tels que le plus grand diviseur (K, K′, K″) de ces trois nombres soit égal à 1; supposons en outre qu'aucun des trois entiers u, u', u'' ait un facteur commun avec le nombre pair $U \neq 0$.

Si un ou deux des nombres K, K′ et K″ sont positifs, tout entier s qui remplit les conditions

$$(1) \qquad s \equiv Ku + K'u' + K''u'' \pmod{U}$$

et

$$(2) \qquad (s, K', K'') = (s, K, K'') = (s, K, K') = 1$$

peut être écrit d'une infinité de manières sous la forme

$$(3) \qquad s = Kp + K'p' + K''p'',$$

---

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*, **15**, N. 6-7, 1937, p. 169-172; *Recueil mathématique*, **2**, (44), N. 2, 1937, p. 179-195.

où les nombres premiers p, p' et p'' satisfont aux congruences

$$(4) \qquad p \equiv u, \qquad p' \equiv u' \qquad \text{et} \qquad p'' \equiv u'' \qquad (\text{mod } U).$$

Si G, G′ et G″ désignent des nombres quelconques $\geqq 0$ tels que

$$G + G' + G'' = 1 \qquad \text{et} \qquad KG + K'G' + K''G'' = 0,$$

et si ε est positif, nous pouvons même imposer encore aux nombres premiers p, p' et p'' les conditions supplémentaires

$$(5) \quad \begin{cases} -\varepsilon < \dfrac{p}{p+p'+p''} - G < \varepsilon; \\ -\varepsilon < \dfrac{p'}{p+p'+p''} - G' < \varepsilon \qquad \text{et} \qquad -\varepsilon < \dfrac{p''}{p+p'+p''} - G'' < \varepsilon. \end{cases}$$

Si, par contre, les nombres K, K′ et K″ sont tous trois positifs, tout entier suffisamment grand qui remplit (1) et (2), possède la forme (3), où les nombres premiers p, p' et p'' satisfont encore aux congruences (4). Dans ce cas-là nous pouvons en outre imposer à ces nombres premiers les conditions

$$(6) \quad -\varepsilon < \frac{p}{s} - G < \varepsilon; \qquad -\varepsilon < \frac{p'}{s} - G' < \varepsilon \qquad \text{et} \qquad -\varepsilon < \frac{p''}{s} - G'' < \varepsilon,$$

ε désignant un nombre positif quelconque donné d'avance et G, G′ et G″ étant des nombres $\geqq 0$ qui remplissent la relation

$$KG + K'G' + K''G'' = 1.$$

Un résultat analogue est valable pour la relation

$$(7) \qquad s = Kp + K'p' + F(x),$$

où K et K′ désignent des entiers $\neq 0$ et $F(x)$ est un polynome non constant qui pour toute valeur entière de x prend des valeurs entières; le coefficient du terme du plus haut degré de $F(x)$ soit $H \neq 0$. Je suppose qu'à s correspondent trois entiers b, b' et y tels que

$$(8) \quad \begin{cases} s = Kb + K'b' + F(y); \qquad b \equiv u \quad \text{et} \quad b' \equiv u' \qquad (\text{mod. } U); \\ \left(b, \dfrac{K'}{(K, K')}\right) = 1 \quad \text{et} \quad \left(b', \dfrac{K}{(K, K')}\right) = 1; \end{cases}$$

u et u' sont encore des entiers qui n'ont pas un facteur commun avec le nombre pair $U \neq 0$.

Si un ou deux des nombres K, K′ et H sont positifs, tout nombre s

auquel correspondent trois entiers b, b' et y avec la propriété (8), peut être écrit d'une infinité de manières sous la forme (7), où les nombres premiers p et p' remplissent les congruences

$$(9) \qquad p \equiv u \quad \text{et} \quad p' \equiv u' \quad (\text{mod } U),$$

et x désigne un nombre naturel. Si K, K' et H sont tous trois positifs, on peut écrire sous la forme en question tout entier suffisamment grand auquel correspondent trois entiers b, b' et y avec (8). Aussi, dans les deux derniers cas, nous pouvons imposer aux nombres p, p' et $F(x)$ des conditions supplémentaires analogues à (5) et (6).

Ces résultats pourront être généralisés.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *L'allure asymptotique de la somme des variables d'une chaîne de Markoff discontinue.* Note (¹) de MM. **Octav Onicescu** et **Gh. Mihoc**, transmise par M. Émile Borel.

L'étude de cette question peut être faite d'une manière simple, à l'aide de la fonction caractéristique attachée à la somme des variables de la chaîne. Nous allons étudier ici le cas général, où $\lambda = 1$ est racine simple de l'équation maintenant classique

$$D(\lambda) = \|p_{hk} - \delta_{hk}\lambda\| = 0 \quad (\delta_{hk} = 0,\ h \neq k;\ \delta_{hk} = 1,\ h = k), \quad (h, k = 1, 2, \ldots, m),$$

p_{hk} étant la probabilité d'un élément quelconque de la chaîne de Markoff $x_1, x_2, \ldots, x_n$, de passer de la valeur a_h à la valeur a_k.

Considérons le déterminant

$$D(\lambda;\, t) = \|p_{hk} - \delta_{hk} e^{(\theta - a_h)it}\lambda\|,$$

dans lequel

$$\theta = \frac{\sum_1^m {}_h P_h a_h}{\sum_1^m {}_h P_h},$$

P_h étant le mineur de l'élément $p_{hh} - 1$ dans le déterminant $D(1)$.

Soit $F_k(n;\, t)$ la fonction caractéristique de la variable

$$\xi_n = x_1 + x_2 + \ldots + x_n - n\theta,$$

(¹) Séance du 6 septembre 1937.

dans l'hypothèse initiale que la probabilité d'avoir $x_1 = a_h (h = 1, 2, \ldots, m)$ est p_{kh}.

Ces fonctions vérifient le système d'équations aux différences finies

$$\text{(S)} \qquad F_k(n;t) = \sum_{1}^{m} {}_h\, p_{kh}\, e^{(a_h-\theta)t}\, F_h(n-1;\, t).$$

On n'a qu'à résoudre le système (S), connu à la suite de plusieurs recherches récentes, pour avoir l'expression exacte de la fonction caractéristique pour chaque n. La solution générale du système (S) est donnée par la somme

$$F_k(n;\, t) = A_k(t)\,\lambda_1^n(t) + \sum_{2}^{p}{}_r\, B_{k,r}(t)\,\lambda_r^n(t) + \sum_{p+1}^{m}{}_s\, C_{k,s}(n;\, t)\,\lambda_s^n(t)$$

dans laquelle : $\lambda_1(t)$ est la racine de $D(\lambda;\, t) = 0$ qui pour $t \to 0$ tend vers l'unité; $\lambda_r(t)\,(r = 2, \ldots, p)$, les racines qui pour $t = 0$ ont le module 1 sans être égales elles-mêmes à l'unité; $\lambda_s(t)\,(s = p+1, \ldots,)$, les autres racines. Nous démontrons que $|\lambda_h(t)|$, quels que soient h et $t \neq 0$, est moindre que l'unité et que l'on a

$$A_k(0) = 1, \qquad B_{k,r}(0) = 0, \qquad \left(\frac{d\lambda_1(t)}{dt}\right)_{t=0} = 0.$$

La fonction caractéristique de la variable réduite [dans l'hypothèse $\lambda_1''(0) \neq 0$],

$$X_n = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n - n\theta}{\sqrt{-\lambda_1''(0).n}},$$

étant $F_k\left(n;\, t/\sqrt{-\lambda_1''(0).n}\right)$ et, d'autre part,

$$B_{k,r}\left(\frac{\tau}{\sqrt{n}}\right)\lambda_r^n\left(\frac{\tau}{\sqrt{n}}\right) \qquad \text{et} \qquad C_{k,s}\left(n;\, \frac{\tau}{\sqrt{n}}\right)\lambda_s^n\left(\frac{\tau}{\sqrt{n}}\right)$$

tendant uniformément vers zéro avec $n \to \infty$, pour chaque t compris dans un intervalle fini donné, on aura uniformément

$$\lim F_k\left(n;\, \frac{t}{\sqrt{-\lambda_1''(0).n}}\right) = \lim A_k\left(\frac{t}{\sqrt{\lambda_1''.n}}\right)\lambda_1^n\left(\frac{t}{\sqrt{-\lambda_1''(0).n}}\right) = e^{\frac{1}{2}t^2}.$$

Il en résulte que *la fonction de répartition de* X_n *est celle de Laplace.* L'hypothèse $\lambda_1''(0) = 0$, comme d'ailleurs le cas où $\lambda = 1$ est racine multiple de $D(\lambda) = 0$, sera examinée dans un travail publié ailleurs.

HYDRAULIQUE MARINE. — *Sur l'interprétation des observations et mesures relatives aux lames déferlantes.* Note [1] de M. **Paul Pétry**, transmise par M. Maurice d'Ocagne.

Les observations et les diagrammes de pressions et de vitesses enregistrés simultanément au déferlement des lames sur l'ancien musoir de la jetée Ouest de Dieppe [2] ont montré ce qui suit :

Les effets les plus considérables sont enregistrés quand une lame trouve le haut de la rampe bien découvert, s'enroule en volute au pied du mur, enferme un bon volume d'air et claque contre la paroi au droit des récepteurs des manographes.

Dans les chocs les plus vifs la pression atteint, sur les petites surfaces sensibles des manographes, 70 tonnes par mètre carré; elle monte à cette valeur en 0,005 seconde. Mais les diagrammes de pressions ont toutes sortes de formes. Les efforts exercés sur les obstacles sont ou bien des poussées de masses importantes, ou bien des percussions vives de filets liquides ou de gouttes séparées, selon les positions relatives de la volute et du point sensible. Parfois les trois manographes enregistrent après le choc des oscillations de pression synchrones de plusieurs dixièmes de seconde de période; toute la masse d'eau dressée contre la jetée vibre donc à la fois.

La plus grande vitesse horizontale des crêtes de lames déferlantes a été filmée le 3 novembre 1933, $V_h = 12^m$ par seconde. Ce même jour de petites fusées d'embruns se sont élancées à la vitesse de 77^m par seconde. De grands panaches partent souvent verticalement à des vitesses de l'ordre de 35^m par seconde.

Pour bondir de 12 à 35^m et même à 77^m par seconde, il faut que l'eau subisse autre chose qu'une simple réflexion. C'est que les filets d'eau de la crête et du corps d'une lame déferlante convergent au pied du mur et, n'y trouvant pas d'issue, donnent une sorte de coup de bélier; l'air enfermé par la lame dans sa volute est comprimé avec le liquide et s'échappe dans la direction de moindre résistance en projetant à très grande vitesse son enveloppe d'eau. La direction toujours sensiblement verticale et l'importance des vitesses d'embruns sont dues à la détente d'air comprimé qui se mêle au phénomène hydraulique.

---

(1) Séance du 30 août 1937.

(2) Voir *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 437.

Dans le vide, les particules d'eau, qui partent à 35^m par seconde, monteraient à 60^m environ de hauteur. L'effet de frottement dans l'air, d'ailleurs modifié par le vent, est tel que les embruns ne s'élèvent pourtant à Dieppe qu'à 25^m. Parmi les rochers d'Ouessant, ils dépassent souvent 40^m.

Les déferlements augmentent de puissance soit si la houle incidente est plus forte, soit si les dispositions locales favorisent mieux le ressac.

Au port d'Alger, les possibilités du déferlement en avant de la digue verticale de Mustapha ont été étudiées sur modèle réduit ainsi que les pressions dues à la réflexion ou à un commencement de déferlement des lames [3]. Des mesures analogues à celles de Dieppe sont poursuivies à la digue Nord du port du Havre, pour connaître notamment la répartition des pressions sur une horizontale d'un mur couronnant un massif d'enrochements.

Un Mémoire développé paraîtra prochainement dans un autre Recueil pour exposer l'ensemble des travaux récents sur les efforts dus aux lames.

AVIATION. — *Paramètres et courbes caractéristiques des carénages à circulation.* Note de M. **Pierre-Ernest Mercier**, présentée par M. Paul Langevin.

Rentrent dans la catégorie des carénages à circulation ceux qui comportent une dérivation intérieure de l'air ambiant, généralement utilisée en vue d'échange de chaleur avec l'extérieur; exemple type : carénage de radiateur ou de moteur à refroidissement direct.

L'énergie dépensée ΔE, par unité de temps entre l'entrée et la sortie de la dérivation, sans considérer les apports d'énergie calorifique transformables en énergie cinétique, est donnée par la formule de Bernoulli,

$$\Delta E = Q[p - p'] + \frac{Qa}{2g}[v^2 - v'^2],$$

Q étant le débit en volume, p, v, p', v', les pressions statiques et vitesses de l'air à l'entrée et à la sortie de la dérivation.

On définit en général $\Delta p = \Delta E/Q$. Si Cx_0 représente le coefficient de résistance du carénage lorsque $Q = 0$, ΔC_x l'accroissement de ce coefficient

(3) Depuis qu'a paru la Note susvisée, nous avons eu connaissance du travail inséré dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, 5, 1937, p. 643, dû à M. Larras, Ingénieur à Alger; l'auteur y décrit ses expériences sur modèle et présente quelques calculs.

lorsque la circulation intérieure de débit Q est établie, on définit le rendement

$$\rho = \frac{Q\,\Delta p}{\Delta C_x S \frac{a}{2g} V_0^3},$$

V_0 étant la vitesse aérodynamique du carénage et S la surface de son maître-couple. Où, avec $q = aV_0^2/2g$,

$$\rho = \frac{\Delta p}{q}\,\frac{Q}{SV_0}\,\frac{1}{\Delta C_x},$$

on est donc conduit à considérer les deux paramètres sans dimension

$$\lambda = \frac{Q}{SV_0}, \qquad \mu = \frac{\Delta p}{q} \quad (^1).$$

Enfin, d'une manière analogue, on caractérise la résistance intérieure produisant la perte d'énergie ΔE, par un coefficient r, tel que

$$\Delta p = r\frac{a}{2g}\left(\frac{Q}{S}\right)^2 = rq\lambda^2, \qquad \text{d'où} \qquad r = \frac{\mu}{\lambda^2}.$$

Pour chaque valeur de r, il existe un système de valeurs de λ et μ satisfaisant à la relation précédente, et à une condition susceptible d'être représentée par une relation $\Phi(\lambda, \mu) = 0$ caractéristique du type de capotage considéré. Cette relation s'obtient expérimentalement en faisant varier r entre l'infini et 0 (λ demeurant compris entre 0 et 1). Le rendement ρ se trouve défini en tous points le long de la courbe caractéristique, sauf pour les valeurs extrêmes de r. Plus généralement, si le capotage comporte des sections d'entrée et de sortie réglables, ou présente une déformabilité quelconque ayant pour but le contrôle du débit de la circulation intérieure, ses propriétés seront représentées par la famille de courbes $\Phi(\lambda, \mu, k) = 0$ où chaque valeur du paramètre k est liée à une position particulière des organes de réglage de la circulation. Comme précédemment, on peut définir les valeurs de ρ le long des courbes caractéristiques constituant la famille. L'intersection de ces courbes avec la parabole $\mu = r\lambda^2$ permet de résoudre le problème de l'adaptation de la circulation dérivée à la vitesse, pour une résistance intérieure donnée, et dans les limites compatibles avec le type de carénage étudié. Ces limites correspondent à l'enveloppe des courbes de la famille.

---

(1) Le paramètre μ a déjà été considéré par plusieurs auteurs.

La résistance intérieure et le débit nécessaire à un échange de chaleur donnée étant généralement liés, on peut également résoudre, sur le diagramme λ, μ, le problème de la meilleure adaptation de r à un type de carénage déterminé ou celui de la comparaison de différents types de carénages en vue d'une application déterminée.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'onde gravifique induite par une onde électromagnétique dans un milieu réfringent.* Note de M. **Jean Hély**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Nous avons exposé [1] une théorie relativiste et synthétique de la dynamique. Le potentiel-vecteur électrique $\overline{\Psi}$ et la fonction de force gravifique Φ de cette théorie satisfont aux relations suivantes, dans un milieu matériel indéfini où la divergence de la densité $\bar{j}$ du moment électrique est nulle

$$\Delta\overline{\Psi} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\overline{\Psi}}{\partial t^2} = -4\pi\left(\frac{1}{c}\frac{\partial\bar{j}}{\partial t}\right),$$

$$\Phi = \frac{K\varphi}{c^2} + 3\left(\frac{K\varphi}{c^2}\right)^2, \qquad \Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\sum_v \rho_v\sqrt{1 - v^2/c^2},$$

ρ_v désignant la densité de la fraction de matière dont le mouvement, lors de l'évolution du moment électrique, s'effectue à la vitesse v à l'instant et au point considérés.

Supposons $\bar{j} = K\bar{h}$, avec $\bar{h} = -(1/c)\,(\partial\overline{\Psi}/\partial t)$ et $K = (\varepsilon - 1)/4\pi$ (ε désignant par conséquent le pouvoir inducteur spécifique). Nous voyons immédiatement que

$$\Delta\overline{\Psi} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\overline{\Psi}}{\partial t^2} = \frac{-4\pi}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\varepsilon - 1}{4\pi}\,\frac{-1}{c}\,\frac{\partial\overline{\Psi}}{\partial t}\right) \qquad \text{ou} \qquad \Delta\overline{\Psi} - \frac{\varepsilon}{c^2}\frac{\partial^2\overline{\Psi}}{\partial t^2} = 0,$$

donc que l'onde $\overline{\Psi}$ se propage avec la vitesse $c/\sqrt{\varepsilon}$, résultat bien connu; mais on s'aperçoit en outre, en appelant ρ la densité totale de matière au point $xyzt$ et en admettant que $\rho - \rho_0$ ou $\sum_v \rho_v\left(1 - \sqrt{1 - v^2/c^2}\right)$ est sensiblement de la forme

$$A\rho\left[1 + \cos 4\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right], \qquad \text{avec} \quad \lambda = \frac{cT}{\sqrt{\varepsilon}} \quad \text{et} \quad A \ll \frac{1}{2}$$

[1] *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 169.

$[\partial\overline{\psi}/\partial t$ d'autre part étant supposé parallèle à oz et proportionnel à $\sin 2\pi(t/T - x/\lambda)$, c'est-à-dire nul lorsque $\rho - \rho_0$ est maximum$]$, que l'expression

$$\varphi = \frac{-A\rho}{4\pi}\,\frac{\varepsilon\lambda^2}{\varepsilon - 1}\cos 4\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

vérifie l'équation différentielle

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\,\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 4\pi A\rho\cos 4\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) = -4\pi\,[\rho_0 + (A-1)\rho]$$

[puisqu'elle annule séparément les deux membres de l'égalité

$$\Delta\varphi - \frac{\varepsilon}{c^2}\,\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 4\pi A\rho\cos 4\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) - \frac{\varepsilon - 1}{c^2}\,\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}\Bigg].$$

Cette expression représente donc, à un certain potentiel newtonien près [car $(A-1)\rho$ doit être regardé comme constant], l'élément φ de la fonction de force gravifique ondulatoire Φ induite par l'onde électromagnétique dans le milieu réfringent considéré. L'intérêt principal de l'onde gravifique dont il s'agit réside dans son intensité, pratiquement indépendante de la dilution du milieu de propagation en vertu de la proportionnalité au facteur $\rho/(\varepsilon - 1)$ de la dite intensité et de la loi de Lorenz-Lorentz

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\,\frac{1}{d} = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2}\,\frac{1}{\rho} = \text{const.}$$

Dans le cas, non plus d'une seule, mais de deux ondes planes interférentes $\overline{\psi}$ de mêmes fréquence et intensité dont les directions de propagation, bissectées par ox, font entre elles un angle α très petit, $\rho - \rho_0$ peut de même être décomposé en un terme constant $A\rho/2$ et deux autres d'allure sinusoïdale correspondant :

Le premier à un $\rho - \rho_0$ partiel de la forme $(A\rho/2) \times \sin$ ou $\cos(2\pi\alpha y/\lambda)$ ($\overline{\psi}$ et $\overline{j}$ étant supposés parallèles à oz) et à une onde statique φ telle que

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = 4\pi\frac{A\rho}{2} \times \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\frac{2\pi\alpha y}{\lambda} \quad \text{ou que} \quad \varphi = -\frac{A\rho\lambda^2}{2\pi\alpha^2} \times \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\frac{2\pi\alpha y}{\lambda},$$

onde qui s'évanouit quand la dilution du milieu augmente.

Le second à deux ondes planes progressives de fréquence double de celle des ondes $\overline{\psi}$, mais de directions de propagation (bissectées par ox) faisant entre elles l'angle $\alpha/2$, multipliées par un même facteur de la forme sin ou $\cos(\pi\alpha y/\lambda)$, de telle sorte que l'amplitude résultante des fonctions représentatives s'annule et change de signe chaque fois que l'on traverse l'un des plans (normaux à oy et distants de λ/α), où même à amplitude constante les dites fonctions ont une somme nulle à tout instant, d'une part, où l'onde statique φ précédente est maxima, d'autre part; pour chacune

des ondes ainsi obtenues et compte tenu des changements de signe indiqués, $-\varphi$ et le $\rho - \rho_0$ partiel correspondant sont maxima lorsque $\partial\overline{\psi}/\partial t$ est nul à la fois dans les deux ondes $\overline{\psi}$ et qu'en outre le potentiel vecteur total n'est pas nul.

Les ondes gravifiques que nous venons d'étudier semblent, si l'on veut bien se reporter à certaine théorie gravifique de la lumière que nous avons développée par ailleurs (²), constituer le lien entre les ondes électromagnétiques du rayonnement et les photons tels que nous les concevons. D'une manière plus précise, les situations préférées des photons seraient celles correspondant aux points d'espace-temps pour lesquels $\rho - \rho_0$ et $-\varphi$ ont leurs plus fortes valeurs au sein de l'onde et où par conséquent la concentration interne des dits photons se trouve maxima, pour une certaine énergie et une certaine vitesse [Φ se comportant en quelque sorte comme un invariant qui dériverait de N fonctions d'onde associées à la fois au photon et à la perturbation qui l'englobe (³) et jouerait le rôle physique que nous lui avons attribué (⁴)]. Ainsi s'expliquerait notamment la production des franges d'interférence.

OPTIQUE. — *Mesures d'absorption de lames minces de sulfure de cuivre. Application à la comparaison de leurs épaisseurs.* Note (¹) de M. **Jean Cayrel**, transmise par M. Aimé Cotton.

I. Le sulfure cuivrique en couche mince présente dans le violet une absorption notable. Nous avons mesuré cette absorption à l'aide d'une cellule photoélectrique à couche d'arrêt pour la raie 4358 Å du mercure.

A. *Préparation des lames de* CuS. — On étale sur une lame de verre blanc de $0^{mm},5$ d'épaisseur et d'environ 40^{cm^2} de surface quelques gouttes d'une solution N/100 de nitrate de cuivre. On place cette lame sous une cloche de verre dans laquelle on produit une faible quantité d'hydrogène

(²) *Journal de l'École Polytechnique*, 3ᵉ série, 3, 1937, p. 282.

(³) A savoir, dans le vide, les seize fonctions d'onde de M. de Broglie où l'on aurait remplacé μ_0, masse du photon, par $\rho = \mu_0\sqrt{1 - 2\Phi}$, de manière à tenir compte du potentiel gravifique de toutes origines.

(⁴) Comparer notamment les scalaire et vecteur I_2^2 et $2I_2.\overline{\sigma}$ de M. de Broglie, au rôle jusqu'ici mystérieux, à φ et grad φ.

(¹) Séance du 6 septembre 1937.

sulfuré, de façon que la sulfuration ait lieu *en atmosphère diluée*. Lorsque, par suite de l'imperméabilité (²) de CuS à l'hydrogène sulfuré, la lame de CuS formée à la surface de la solution a atteint son maximum d'épaisseur, on retire la préparation de la cloche, et on lave le sulfure en faisant passer entre la couche de CuS et son support de l'eau distillée amenée goutte à goutte. Ce lavage doit être conduit avec d'extrêmes précautions pour ne pas détériorer le voile de sulfure. Enfin, on laisse sécher le sulfure qui après dessiccation adhère fortement à la lame de verre et peut être manié sans difficulté.

B. *Mesures d'absorption*. — La raie 4358 Å de la lampe à vapeur de mercure est isolée à l'aide d'un filtre Wratten. On constate que l'interposition d'une lame de verre semblable à celles qui servent de support aux lames de CuS, mais non recouverte de sulfure, fait passer le courant de la cellule photoélectrique de 35 à 33 μA. L'interposition de la lame de verre portant la couche de CuS fait tomber, en moyenne, le courant de la cellule de 35 à 24 μA.

On a, en désignant par K le coefficient d'absorption de CuS et par ε l'épaisseur moyenne de la couche de sulfure,

$$J = J_0 e^{-K\varepsilon}, \tag{1}$$

d'où

$$K\varepsilon = \operatorname{Log}_e \frac{J_0}{J} = \operatorname{Log}_e \frac{33}{24} = 0{,}316, \tag{2}$$

relation qui permet de calculer K si l'on connaît ε.

C. *Détermination de ε par dosage chimique. Calcul de* K *et de nκ*. — Une lame de CuS de surface connue est dissoute à chaud dans NO^3H. La liqueur est neutralisée par l'ammoniaque, puis étendue à un volume déterminé. Enfin on dose colorimétriquement par l'action de Na^2S le cuivre contenu dans la solution ainsi obtenue. La moyenne de plusieurs dosages nous a donné un poids de $9^g,2.10^{-6}$ de Cu par cm^{-2} de CuS en couche mince, soit un poids de $1^g,35.10^{-5}$ de CuS par cm^{-2}. En prenant la densité de CuS égale à 4,5, on trouve que l'épaisseur moyenne de la lame de CuS supposée homogène est

$$\varepsilon = 300 \text{ Å}.$$

Le coefficient d'absorption de CuS calculé à partir de (2) a donc pour

(²) H. Devaux, *Bulletin Soc. franç. de Physique*, n° 256, 1921, p. 5.

valeur

$$K = 10^5\ \text{cm}^{-1},$$

et le produit $n\chi$ de l'indice de réfraction du sulfure par son indice d'absorption a pour valeur

$$n\chi = \frac{K\lambda}{4\pi} = 0,35,$$

soit environ dix fois moins que pour le cuivre et les métaux en général.

II. Application a la comparaison des épaisseurs de lames de CuS formées a la surface de solutions de concentrations différentes. — La relation (2) permet de calculer le rapport ε/ε' des épaisseurs de deux lames de CuS. On a

$$(3) \qquad \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{\log J_0 - \log J'}{\log J_0 - \log J}.$$

Nous avons mesuré l'absorption de lames de CuS formées à la surface de solutions de $(NO^3)^2Cu$ de concentrations croissantes, et calculé leurs épaisseurs à l'aide de (3), connaissant l'épaisseur $\varepsilon = 300$ Å de la lame formée sur la solution N/100. Nous avons trouvé respectivement 225 Å, 160 Å, 70 Å pour les lames de CuS formées sur les solutions N/10, N et 5N.

Ces résultats confirment l'augmentation de l'épaisseur de la couche de CuS avec la dilution de la solution mère observée par Mokbuschin et Demjanowa ([3]) sur des solutions de SO^4Cu. Toutefois nos expériences sur le nitrate, qui beaucoup plus soluble que le sulfate, permet de réaliser des solutions plurinormales, mettent en outre en évidence une *diminution rapide de l'épaisseur aux fortes concentrations*. En effet, la courbe représentant la variation de ε en fonction du logarithme de la concentration, qui est sensiblement rectiligne entre N/100 et N, présente au contraire entre N et 5N une région de forte courbure traduisant la décroissance accélérée de ε. Les valeurs que nous avons trouvées pour les épaisseurs extrêmes, 70 à 300 Å, sont en accord avec les limites indiquées par Devaux ([2]); 100 à 200 Å, pour des solutions de SO^4Cu fortement ou moyennement concentrées.

([3]) S. G. Mokbuschin et N. M. Demjanowa, *Koll. Z.*, 72, 1935, p. 261.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveaux résultats sur les radiations verte, jaune et rouge émises par le ciel nocturne.* Note [1] de M. **Hubert Garrigue**, transmise par M. Ch. Fabry.

J'ai déjà décrit le spectrographe à grande luminosité [2] qui est régulièrement en service à l'Observatoire du Pic du Midi et la méthode de photométrie photographique [3] qui me donne les variations d'intensité des radiations de longueur d'onde 5577, 5888 et 6300-6500 Å émises par le ciel nocturne.

Une nouvelle série de quelques centaines de spectres vient d'être analysée au microphotomètre Zeiss de Montpellier. Les résultats essentiels de cette étude sont résumés dans le tableau ci-dessous : la première colonne du tableau porte la date de l'observation ; la deuxième, le point du ciel visé (Nord, Est, Sud, Ouest) avec sa hauteur au-dessus de l'horizon. Les résultats relatifs à la raie 6300 sont contenus dans les trois colonnes suivantes ; on y lit l'intensité maximum pendant le crépuscule du soir (*s*), l'intensité moyenne au cours de la nuit (*n*) et l'intensité maximum pendant le crépuscule du matin (*m*). Pour la bande 5888, j'indique l'intensité moyenne au cours de la nuit. Enfin, pour la raie 5577, j'indique l'intensité moyenne au cours de la nuit (*n*) ainsi que l'intensité et l'heure du maximum ou des maxima observés. Lorsque rien n'est indiqué, c'est que les poses n'ont été faites que pendant une partie de la nuit. Les intensités sont exprimées dans les mêmes unités arbitraires utilisées précédemment [3]. Elles sont relatives aux mêmes plaques AGFA, ISS.

		6300 Å.					
Date.	Région observée.	*s.*	*n.*	*m.*	5888 Å.	*n.*	5577 Å.
18-11-35...	Sud 7°	–	10	–	–	30	–
22-11-35...	Nord 5°	–	–	–	–	22	–
13-12-35...	Levant 10°	–	10	–	9	12	–
16-12-35...	Sud 9°	–	10	–	7	18	–
21-12-35...	Sud 10°	–	5	–	10	20	30 à 1^h
23-12-35...	Sud-ouest 5°	60	7	–	7	19	–

(1) Séance du 30 août 1937.
(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 44.
(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1807.

Date.	Région observée.	6300 Å. s.	n.	m.	5888 Å.	n.	5577 Å.
26-12-35...	Nord 10°	–	7	–	12	19	–
29-12-35...	Nord 10°	–	5	–	5	10	–
13- 1-36...	Sud 7°	70	10	–	8	10	–
18- 8-36...	Ombre terre 10°	–	4	30	3	10	15 de 1^h à 3^h
20- 8-36...	Levant 10°	–	3	30	0,5 à 1	10	17 à 2^h30^m
9-12-36...	Levant 10°	–	14	–	10	12	Pas de maximum
13-12-36...	Ombre terre et Levant 10°	30	12	35	13	15	30 à 20^h, 25 à 4^h30^m
21-12-36...	Levant 10°	–	12	32	10	10	16 à 3^h

Radiations rouges. — Elles apparaissent très intenses, comme je l'ai déjà indiqué (³), lorsque la dépression du Soleil est comprise entre 10° et 13°. Link les a observées dans la lumière du ciel, le jour, pendant l'éclipse de Soleil de 1936 à Sara (U. R. S. S.). On constate sur mes spectres que ces radiations se composent essentiellement de la raie 6300 que j'étudierai plus loin et d'une autre radiation, de longueur d'onde plus grande et d'ailleurs déjà connue (⁴), vers 6520 Å, qui ne présente aucune variation pendant les crépuscules et semble plus intense en hiver qu'en été.

Raie 6300 Å. — J'ai déjà signalé l'affaiblissement progressif de cette raie pendant le crépuscule du soir (³), lorsqu'on dirige le spectrographe vers l'Ouest. Des calculs fondés sur ces mesures ont conduit J. Cabannes à l'hypothèse d'une résonance optique de l'atome OI excité par la lumière solaire (⁵). Les nouvelles mesures montrent que ce mode d'excitation de la raie 6300 n'est pas le seul. Lorsqu'on vise une région du ciel située *dans l'ombre de la Terre* la raie 6300 y apparaît aussi très intense après le coucher du Soleil et s'affaiblit progressivement pendant le crépuscule du soir. L'augmentation d'intensité de la raie, pour la même région du ciel, pendant le crépuscule du matin, a la même amplitude que l'affaiblissement du soir, comme le montre le Tableau suivant :

13 décembre 1936. Région visée. Ombre Terre, 10° sur horizon.

Heure, 00 (coucher).	1^h35.	1^h50.	2^h05.	2^h20.	2^h35.	2^h50.	3^h05.	3^h20.	après coucher Soleil
Intensité........	31,5	26,5	22,5	19,5	18,0	20,5	20,0	19,5	-

(⁴) J. Cabannes, *Helvetica Physica Acta*, 8, 1935, p. 405.

(⁵) J. Cabannes et H. Garrigue, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 484; *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Suppl. to Vol. 62, 1936, p. 71.

14 décembre 1936. Région visée. Levant 10° sur horizon.

Heure, avant lever Soleil.	3h25.	3h10.	2h55.	2h40.	2h25.	2h10.	1h55.	1h40.	00 (lever).
Intensité	21,0	22,0	20,0	20,0	19,0	19,5	21,5	34,5	–

L'intensité moyenne de la raie, en dehors des crépuscules, ne paraît pas subir de variation saisonnière bien nette.

Bande 5888 Å. — Je n'ai pas observé de variation diurne sensible. Cette radiation est relativement intense en hiver; à 10° au-dessus de l'horizon, en décembre et janvier, l'intensité varie entre 5 et 13. En été l'intensité diminue beaucoup. Elle n'a pas été mesurable en juillet 1937.

Raie 5577 Å. — L'heure du maximum d'intensité paraît dépendre de la région du ciel visée. J'ai parfois observé deux maxima. La valeur moyenne de l'intensivité varie de 10 (en été) à 20 (en hiver). Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on observe une valeur plus élevée (par exemple 40 à l'horizon, 20 au zénith).

La mesure du rapport entre l'intensité à l'horizon H, et l'intensité au zénith Z n'a pu être faite correctement qu'en hiver. Pour la raie 6300 le rapport H/Z varie de 1,8 à 2,5; pour la bande 5888, de 2 à 3; pour la raie 5577, de 1,5 à 7, la valeur la plus fréquente étant voisine de 2.

GÉOLOGIE. — *A propos du Miocène de Boutoutou, Colonie du Niger.* Note [1] de M. **Roger Lambert**.

En 1904 [2], A. de Lapparent a signalé, provenant de Boutoutou, et recueillie par les officiers de la Mission Moll, une roche ferrugineuse avec nombreuses empreintes de Turritelles, que H. Douvillé avait attribuées au genre *Protho*, et rapprochées de *P. rotifera* du Miocène français. « Elles affirment par suite, disait-il, l'âge tertiaire supérieur du gisement ferrugineux de Boutoutou. »

Cette conclusion était d'ailleurs confirmée par la présence, au-dessus de ce gisement, d'un schiste sableux brun jaunâtre, riche en empreintes de plantes terrestres, que R. Zeiller considérait comme miocènes.

Ces schistes à végétaux supportaient eux-mêmes une marne se débitant en cornets pointus et en stylolites, couronnée par des blocs discontinus

---

(1) Séance du 6 septembre 1937.

(2) *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 1186.

d'une roche celluleuse, squelette de lumachelle où abondaient des empreintes de *Cardita* rappelant une Cardite du Miocène supérieur du Cotentin. Telle était la coupe du Miocène de Boutoutou.

G. Garde ([3]), géologue de la Mission Tilho, n'a pas pu retrouver ces formations, malgré plusieurs jours de recherches.

« Tout autour de Boutoutou, dit-il, et dans les environs des deux villages, assez rapprochés, qui portent ce nom, je n'ai pas vu de débris de formations ferrugineuses. Le sol est formé par des sables argileux rougeâtres, appartenant, selon toute évidence, au même niveau géologique que les terrains fossilifères de l'Adar-Doutchi. Les formations gréso-ferrugineuses fossilifères signalées à Boutoutou ne peuvent provenir que de l'ancien chapeau que l'érosion a démoli depuis longtemps, et dont je n'ai pas pu retrouver de traces. »

Levant la carte géologique de cette région, en décembre 1935, j'ai moi-même porté toute mon attention, en pure perte d'ailleurs, à retrouver le gisement signalé par A. de Lapparent. Il n'existe pas, du moins il n'existe plus aujourd'hui, dans la région de Boutoutou, aucun affleurement rocheux : tout ce pays, à topographie presque inexistante, est couvert de dunes fixées ([4]). Quelques rares vallées, d'ailleurs très peu marquées, séparent les uns des autres les amas dunaires à la surface desquels on recueille, épars çà et là, quelques blocs de grès ferrugineux et de limonites. Toutefois, il convient de noter une formation ferrugineuse superficielle (fragments arrondis, paraissant roulés, de limonites) occupant une petite crête à faible distance à l'Ouest-Sud-Ouest de Boutoutou-Iddi, et un affleurement d'argiles sableuses à 7^{km} au Sud-Ouest de ce même village.

Par contre, plus à l'Ouest, s'étend une région de collines aux formes molles constituées par des argiles gréseuses largement recouvertes de formations ferrugineuses superficielles. Ces formations argileuses tendres plongent vers l'Ouest, où elles passent sous les calcaires éocènes fossilifères. En certains points à l'Est de Roua-n'Zafi (village situé à 20^{km} à l'Ouest-Sud-Ouest de Boutoutou), divers ravins permettent de relever la coupe générale de ces collines, soit, de haut en bas :

9. Formations limonitiques et grès ferrugineux.
8. Grès sableux finement lités.
7. Argiles sableuses blanchâtres ou bariolées, avec bancs durs intercalés formant

([3]) *Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad...*, Thèse, Paris, 1910, p. 113.

([4]) Dunes que Garde paraît bien avoir prises pour des dépôts d'âge crétacé.

autant de petits abrupts qui restent en saillie et donnent à la région un aspect assez grandiose.

Ces trois couches ont, au total, une puissance de 30^{m} environ.

6. Argiles grises gypsifères, avec gypse en grands et beaux cristaux translucides présentant de nombreuses figures de croissance et atteignant 40^{cm} de longueur.

5. Marnes jaunes ($0^{m},15$), se débitant en *cornets pointus* et en *stylolites*, et donnant, en surface, une roche hérissée d'une multitude de fines pointes.

La suite de la coupe vers le bas n'est visible qu'à 2^{km} plus à l'Ouest, où, sous les argiles gypsifères et les marnes jaunes à stylolites, elle se poursuit ainsi :

4. Marno-calcaires jaunâtres ($0^{m},25$), à *aspect celluleux*, passant progressivement, dans le haut, aux marnes à stylolites, par allongement unilatéral des « éléments cellulaires » qui constituent la roche, pour ainsi dire, et, dans le bas, à un calcaire gris compact dans lequel persiste faiblement la structure à aspect cellulaire.

3. Argile noire gypsifère ($0^{m},20$).

2. Argiles gréseuses blanches ($1^{m},20$), se terminant dans le haut par une assise limonitisée.

1. Argile noire, un peu gypsifère, visible sur 2^{m} et formant substratum.

Dans aucune de ces assises je n'ai trouvé de traces de fossiles. Mais je crois cependant pouvoir assimiler les *calcaires celluleux* et les curieuses *marnes à stylolites* aux formations identiques signalées à Boutoutou, par A. de Lapparent, dans un ordre de superposition d'ailleurs inverse de celui que j'ai observé.

De plus, les *marnes à stylolites* s'observent encore dans les assises du Crétacé supérieur du Damergou, au-dessus des assises fossilifères datées du Turonien inférieur, par exemple au petit col que franchit la piste automobile d'Agadèz, entre Gangara et Dan Dardo.

Enfin j'ai recueilli des restes de plantes (fragments de feuilles de Monocotylédones, notamment) dans des marnes verdâtres, intercalées dans les argiles sableuses de couleur claire du Crétacé supérieur à 14^{km} environ au Sud de Bouza, soit à 35^{km} au Nord-Ouest de Boutoutou.

Dans ces conditions, il me paraît que les *marnes à stylolites* et les *calcaires celluleux* ne peuvent être compris qu'entre le Montien et le Turonien. Ces deux formations, ainsi que celles qui les encadrent, ont toutes chances d'appartenir au Sénonien, d'après les arguments stratigraphiques exposés ci-dessus, et elles représentent très vraisemblablement les formations de même nature lithologique signalées comme fossilifères à Boutoutou et attribuées au Miocène par A. de Lapparent, en vertu de déterminations paléontologiques qui devraient sans doute être révisées.

BOTANIQUE. — *Sur un nouvel hybride de Bromes obtenu expérimentalement. Incertitude de la détermination systématique des hybrides spontanés.* Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Marin Molliard.

L'hybride dont il est question ci-dessous a été réalisé par fécondation artificielle sous isolement en cellophane, dans mes cultures expérimentales de 1936; cette hybridation fait partie d'un ensemble d'essais méthodiques sur les croisements de diverses Graminées, que j'ai entrepris depuis 1935, en particulier sur le genre *Bromus* L. J'ai obtenu en 1936 des fruits viables de diverses combinaisons entre les trois espèces suivantes : *B. arduennensis* Dmrt., *B. arvensis* L., *B. grossus* Desf. Les faits présentés ici, en ce qui concerne le produit du croisement des deux premières espèces, me paraissent de nature à justifier l'extension de ces expériences, en montrant les résultats inattendus, au point de vue systématique, de la comparaison de l'hybride obtenu avec ses parents et avec les espèces voisines. Aussi ai-je continué mes essais cette année, et la liste des hybrides réalisés en 1937 dans mes cultures comporte dix combinaisons nouvelles, la plupart avec réciproque, entre les espèces précitées et les suivantes : *B. adoensis* Hochst., *B. macrostachys* Desf., *B. secalinus* L., *B. squarrosus* L.

Sur les deux réciproques, qui m'ont fourni plusieurs individus en voie de développement, une seule touffe a fleuri jusqu'ici, appartenant à la combinaison *B. arduennensis* ♀ × *arvensis* ♂; ses caractères me paraissent assez intéressants pour mériter d'être décrits.

On sait combien est singulière l'espèce utilisée ici comme mère, *B. arduennensis* Dmrt. (1), dont certains auteurs font le type du genre unispécifique *Michelaria* Dmrt.

Ses principales particularités concernent la forme des écailles florales : glume supérieure atténuée en pointe au sommet terminé par une courte arête entre deux lobes aigus; glumelle inférieure pourvue de deux oreillettes scarieuses, aiguës, situées à mi-hauteur de chaque côté, au sommet longuement atténué en pointe pourvu de trois arêtes inégales. L'arête médiane a été parfois décrite comme terminale, ce qui éloignerait nettement la plante du g. *Bromus*; elle est en réalité subterminale, comme dans le groupe des *Eubromus* Husn., les deux autres arêtes terminant les lobes latéraux aigus du sommet de la glumelle, qui sont simplement membraneux chez les

(1) A. de Cugnac et A. Camus, *Bull. Soc. Bot.*, 83, 1936, p. 47.

Eubromus. Mais cette disposition est fort différente de celle du groupe *Serrafalcus* Parl., auquel appartient *B. arvensis* : la glumelle est obtuse au sommet, les lobes terminaux larges, et l'arête nettement en arrière de ceux-ci; la glume supérieure est aussi obtuse, généralement non pourvue de mucron chez *B. arvensis* (quoique avec quelques exceptions), tandis qu'elle est nettement mucronée chez quelques espèces du même groupe, comme *B. grossus* Desf. (2 variétés : *velutinus* Schrad. et *nitidus* Dmrt., *loc. cit.*).

La biologie florale diffère aussi entre les deux espèces : *B. arvensis* s'ouvre à 17-18^h, les anthères longues (4-5^{mm}) se renversant complètement hors de la fleur; *B. arduennensis* a des anthères plus courtes (2-3^{mm}) qui restent dressées entre les glumelles peu ouvertes, l'anthèse ayant lieu à partir de 19^h et jusqu'au matin. Ces dernières conditions se retrouvent chez *B. grossus*.

Comment vont, dans l'hybride, se combiner ces divers caractères ?

Un premier point à noter est la complète récessivité de *B. arduennensis*, à tel point qu'on pourrait douter, si elle n'avait été employée comme mère, de l'intervention de cette espèce dans le croisement. Ce fait paraît d'accord avec l'extrême localisation de *B. arduennensis* dans son habitat spontané, d'où il a maintenant disparu, et avec l'origine de l'espèce, peut-être très récente, comme nous l'avons indiqué (*loc. cit.*).

Cependant les caractères de l'hybride sont assez différents de ceux de *B. arvensis* : l'inflorescence est moins ample, à rameaux plus forts et plus courts, les enveloppes florales sont plus grandes dans toutes leurs dimensions, les bords latéraux membraneux de la glumelle inférieure sont plus embrassants, l'arête plus forte et plus longue, la glume supérieure nettement mucronée, sans toutefois être aiguë comme chez *B. arduennensis*. Or ce sont là les traits distinctifs d'une autre espèce, citée plus haut : *B. grossus* var. *nitidus*, et la ressemblance de l'hybride avec celle-ci est frappante, surtout à la période de l'anthèse. Il ne saurait d'ailleurs être question de son intervention dans le croisement, même par suite d'une erreur, car elle ne figurait pas dans mes cultures de 1935 ou 1936, ni dans le voisinage, étant localisée en Belgique; dans les champs d'Épeautre.

D'autre part, certains traits de *B. arvensis* indiquent nettement sa participation au croisement : les anthères longues et le mode de floraison, à la même heure que cette espèce. L'hybridité se révèle par la stérilité des fleurs : les anthères restent indéhiscentes, et le pollen des parents s'est montré inactif.

Si un tel échantillon, disséminé loin des parents, était récolté dans la nature, on reconnaîtrait sans doute son caractère hybride et sa parenté avec *B. arvensis*, mais non avec *B. arduennensis*, auquel on substituerait *B. grossus* var. *nitidus*, d'autant plus vraisemblablement que cette dernière espèce est plus proche systématiquement de *B. arvensis* que le parent réel, *B. arduennensis*.

On voit à quelles erreurs on peut être conduit, dans le diagnostic d'origine des hybrides spontanés, si l'on n'a effectué, à titre de comparaison, des séries d'hybrides expérimentaux entre les diverses espèces, comme ceux dont je poursuis actuellement l'étude et la réalisation méthodique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude expérimentale du rôle joué, dans la régénération de la tête chez les Lombrics, par les parties anciennes immédiatement voisines de la surface d'amputation.* Note [1] de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Maurice Caullery.

I. L'étude histologique de la régénération de la tête après amputation chez les Lombrics apprend que les parties anciennes sont le siège de remaniements, et fournissent ainsi des cellules indifférenciées qui se portent au siège de la blessure et édifient le blastème de régénération. Ces transformations sont apparentes surtout au voisinage de la surface d'amputation. Il est difficile, par l'observation seule, de leur fixer une limite et surtout d'apprécier quelle est la portion des parties anciennes (dans le sens de la longueur de l'animal) qui fournit la majorité des cellules du blastème.

J'apporte une réponse à cette question, par deux expériences différentes.

a. Je divise des Lombrics (*Eisenia sp.* jeunes) en trois parties séparées, par deux sections passant l'une entre les segments 10 et 11, l'autre entre les segments 34 et 35. Puis, je rejette le fragment moyen et je soude entre eux, par six points de suture, les tronçons extrêmes. La greffe s'effectue fort bien. On passe donc brusquement, sur les *Eisenia* ainsi raccourcis, du segment 10 ou segment 35, c'est-à-dire de la région céphalique (dans laquelle l'amputation est suivie de la régénération d'une tête), à la région « neutre » (où l'animal est dépourvu de tout pouvoir régénérateur en direction antérieure).

Après guérison, les sujets précédents sont amputés de leurs 9 premiers

---

(1) Séance du 6 septembre 1937.

segments. La portion restante est donc composée du segment 10, qui représente seul, désormais, la région céphalique, immédiatement suivi de la région neutre (à partir du segment 35).

Dans ces conditions, tous les animaux régénèrent une tête normale, plus petite en moyenne au début que celle des témoins (non raccourcis au préalable, et simplement amputés entre les segments 9 et 10), mais qui se différencie sensiblement à la même vitesse, se compose du même nombre de segments, et finit par atteindre la même taille.

Par conséquent, un segment unique de la région céphalique est capable de régénérer une tête normale.

L'expérience précédente ne permet cependant pas de conclure avec certitude que, dans la régénération normale, le régénérat soit édifié en presque totalité par le segment qui suit immédiatement la surface d'amputation. En effet, le segment 10 pourrait avoir utilisé, en les incorporant au blastème, des éléments issus de la région neutre avoisinante.

b. Pour trancher cette question, j'ai imaginé une autre expérience. Des essais préliminaires m'ont permis de trouver deux espèces voisines de Lombrics, bien distinctes par la teinte et surtout la répartition de leur pigment, et entre lesquelles on puisse pratiquer des greffes durables. (Les hétérogreffes chez les Lombriciens sont en général suivies de la dégénérescence plus ou moins rapide du greffon.) Il s'agit d'*Eisenia fœtida* Sav., chez lequel le pigment, rouge violacé foncé, est réparti de telle sorte que l'animal a un aspect zébré de rouge et de jaune, et d'*Eisenia* sp., uniformément coloré de rouge clair.

J'ai *échangé*, entre des individus des deux espèces précédentes, les 10 premiers segments. Après guérison, je les ai amputés des 9 premiers segments. Pour chaque couple, l'un des opérés est ainsi constitué du segment 10, zébré, d'*Eisenia fœtida* suivi du reste du corps, à partir du segment 11, uniformément rouge, d'*Eisenia* sp.; l'autre opéré a la constitution inverse.

Dans ces conditions, les animaux ont régénéré une tête normale, dans les délais habituels. Si les segments qui suivent le segment 10, et qui appartiennent à une espèce différente, fournissent une portion notable du blastème de régénération, le régénérat devra avoir un caractère mixte, car on sait combien les caractères spécifiques sont en toute circonstance strictement conservés dans les hétérogreffes. Or, les régénérats précédents ont toujours, sans modification appréciable, le caractère du segment 10, sur lequel ils s'insèrent.

Par conséquent, le matériel formateur du régénérat céphalique provient surtout du segment qui suit la surface d'amputation.

II. Les facteurs de la détermination de l'axe dorsoventral du régénénat ont, dans les parties anciennes, une localisation aussi étroite au voisinage de la blessure, comme le démontre l'expérience suivante.

Des *Eisenia* sp. jeunes sont raccourcis comme dans l'expérience *a*; mais le fragment céphalique est soudé au tronçon postérieur (segment 35) après une rotation dorsoventrale de 180°. Les axes dorsoventraux des deux constituants sont ainsi opposés. Après guérison et amputation des neuf premiers segments, le composant céphalique, réduit au segment 10, régénère une tête normale et normalement orientée par rapport à ce segment (donc à l'inverse du reste du corps).

En résumé, le régénérat qui apparaît chez les Lombrics après amputation de la tête est édifié par des cellules provenant en grande majorité de la portion qui avoisine la surface d'amputation, sur une longueur d'un segment environ, et ce sont les parties anciennes de cette même région qui déterminent ensuite l'axe dorsoventral du régénérat.

La séance est levée à 15h15m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 19 juillet 1937.)

Note de M. *Lucien Mallet*, Émission de rayons Rœntgen par des tubes à vide, de très petites dimensions, soumis à un courant de haute fréquence :

Page 231, ligne 3 du titre, *au lieu de* Lucien Maillet, *lire* Lucien Mallet.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 SEPTEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la distribution régulière des points d'un ensemble énumérable linéaire.* Note de M. **Émile Borel.**

Quand on donne un ensemble énumérable de points sur un segment de droite Σ, il est naturel de se demander si les points de cet ensemble sont répartis d'une manière asymptotiquement homogène; en désignant par a_n et b_n le nombre des points dont l'indice est inférieur à n et qui sont intérieurs à deux segments partiels a et b, il est aisé de construire des ensembles tels que le rapport a_n/b_n ait pour limite a/b lorsque n augmente indéfiniment, quels que soient a et b sur Σ.

M. Julius Wolff m'a signalé récemment un problème posé par M. van der Corput et non encore résolu; il s'agit de savoir si, dans le cas particulier où les segments a et b sont deux segments égaux quelconques de Σ, la différence $a_n - b_n = k_n$ peut être inférieure en valeur absolue à un nombre fixe k indépendant de n.

Ce qui fait la difficulté de ce problème, c'est qu'il est possible de trouver des distributions pour lesquelles k_n croît très lentement avec n; on peut notamment obtenir des distributions suffisamment régulières pour que l'on ait $|k_n| < c \log n$. Voici un exemple d'une telle distribution : écrivons, dans le système binaire $n = \alpha_1 \alpha_2, \ldots, \alpha_{s-1} \alpha_s$, les chiffres $\alpha_1, \ldots, \alpha_s$ étant égaux à 0 ou 1. L'abscisse du point u_n sur le segment unité, sera donnée par $u_n = 0, \alpha_s \alpha_{s-1}, \ldots, \alpha_2 \alpha_1$, ce nombre étant écrit dans le système binaire.

Est-il possible d'avoir une distribution encore plus régulière?

La méthode suivante me paraît devoir conduire à la distribution D, la plus régulière possible, mais je n'ai pu arriver à démontrer si elle satisfait à la condition de M. van der Corput, ni même si k_n est inférieur à une fonction croissant moins vite que $\log n$.

Pour définir la distribution D, nous procéderons en deux étapes : 1° définition de l'ordre respectif des indices n; 2° détermination des abscisses des points u_n.

1° Écrivons les trois premiers indices 0, 2, 1. Pour placer l'indice 3, nous choisirons l'intervalle pour lequel la somme des indices est la plus faible, c'est-à-dire l'intervalle 0, 2. Nous obtiendrons ainsi 0, 3, 2, 1. Ici, deux intervalles ont la même somme $0+3=2+1$; nous placerons l'indice 4 dans celui de ces intervalles qui comprend le plus petit indice (ici 0-3) et l'indice 5 dans l'autre (2-1), nous obtiendrons ainsi 0, 4, 3, 2, 5, 1; les intervalles ayant les sommes les plus faibles sont $0+4=4$, $3+2=5$; nous y placerons les indices 6, 7, ce qui donnera 0, 6, 4, 3, 7, 2, 5, 1; nous avons maintenant $0+6=5+1$ et nous placerons les indices 8 et 9, soit 0, 8, 6, 4, 3, 7, 2, 5, 9, 1. On continuera ainsi indéfiniment, de sorte que l'ordre respectif de tous les indices n sera déterminé de proche en proche sans ambiguïté, en choisissant chaque fois l'intervalle pour lequel la somme des indices est la plus faible, et en cas d'égalité l'indice le plus faible.

2° Plaçons les points u_0 et u_1 aux deux extrémités du segment unité; pour placer le point u_2 considérons la succession d'indices que nous avons construite et désignons par a_n et b_n les nombres respectifs d'indices inférieurs à n compris respectivement entre 0 et 2 et entre 2 et 1; on a, par exemple, $a_9=5$, $b_9=2$; soit σ la limite du rapport a_n/b_n pour n infini; on déterminera la position de u_2 par la condition $u_0u_2=\sigma u_2u_1$. On procédera de la même manière pour déterminer la position des autres points u_n.

L'étude approfondie des propriétés de la distribution D me paraît devoir conduire à des conséquences fort intéressantes.

PHYSIOLOGIE. — *L'isochronisme neuro-musculaire comme fait empirique.* Note de M. **Louis Lapicque.**

Il y a 30 ans, j'attirais l'attention sur l'importance d'un accord chronologique pour la transmission de l'excitation entre deux éléments anatomiques [1]. Ce principe a donné naissance à des développements considé-

[1] *C. R. Soc. de Biol.*, 63, 1907, p. 787.

rables, tant expérimentaux que théoriques, et, d'autre part, à des controverses assez vives.

J'ai eu récemment le plaisir, dans un entretien amical, d'entendre l'éminent physiologiste anglais A. V. Hill, qui naguère avait pris parti contre mes conceptions, me déclarer qu'il n'aurait plus d'objections théoriques à y faire, si elles étaient exposées sous une forme différente, dont il m'a indiqué le principe. Dans la correspondance qui a suivi, notre accord est apparu plus difficile, et je n'ai pas réussi à trouver la forme exacte convenant à M. Hill. Il me paraît valoir la peine d'essayer à nouveau d'éclaircir notre différend, et pour cela, de préciser publiquement chacun notre point de vue. Pour ma part, je trouve cette publication d'autant plus utile que j'ai senti la valeur de certaines suggestions de M. Hill, et, par conséquent, leur ferai place.

Mais il me faut d'abord rappeler les faits relatifs à un cas particulier qui est l'origine de la question.

Comme début, dès 1906, j'avais, avec Madame Lapicque, observé entre un muscle strié et son nerf moteur une grande ressemblance dans l'allure de l'excitabilité électrique en fonction du temps; nous n'avions encore ni le mot, ni la forme précise de chronaxie et nous avions parlé d'*homochronisme*. Même, sous cette forme un peu vague, une telle affirmation était en contradiction avec la doctrine classique, qui enseignait une excitabilité musculaire notablement plus lente que l'excitabilité nerveuse; et presque aussitôt après notre publication, un jeune physiologiste fort distingué, Keith Lucas, de Cambridge, indiquait sur le muscle pris *in toto*, deux courbes d'excitabilité en fonction du temps, l'une rapide, très semblable à la nôtre, et une autre, sensiblement plus lente; K. Lucas, avec de bonnes raisons expérimentales, localisait dans les filets nerveux la première, qu'il appelait γ, et dans les fibres musculaires, la seconde qu'il appelait α. Ainsi la doctrine classique semblait confirmée par l'analyse moderne de l'excitation électrique. Mais de notre côté, nous ne trouvions dans aucun cas l'excitabilité α, et, le concept de chronaxie étant dégagé, cette mesure précise se montrait toujours approximativement égale dans le muscle et dans le nerf; et nous pensions donc avoir le droit d'affirmer, suivant une expression condensée, l'*isochronisme neuro-musculaire*.

Bien plus, étudiant en détail le cas du curare, d'où Brücke en 1867 avait cru pouvoir déduire l'excitabilité musculaire lente devenue ensuite classique, il nous apparut que l'action propre du curare est, sans changer la chronaxie nerveuse, d'augmenter la chronaxie musculaire plus ou moins

suivant la dose. Ainsi l'isochronisme normal fait place à un *hétérochronisme* plus ou moins accentué, et, pour un certain degré d'hétérochronisme, l'excitation cesse de se transmettre du nerf au muscle. D'autres poisons ont aussi le pouvoir de *décrocher*, suivant l'expression de Claude Bernard, un nerf resté excitable d'un muscle excitable. Ils produisent aussi un hétérochronisme, soit en augmentant la chronaxie musculaire comme le curare, soit en diminuant cette chronaxie, soit encore en diminuant la chronaxie nerveuse. La chronaxie musculaire sera donc, suivant le cas, plus grande, plus petite, ou de même valeur qu'à l'état normal; seul, l'hétérochronisme est caractéristique de la curarisation. Qu'il soit la cause même de l'arrêt, autrement dit que l'isochronisme soit la condition du passage, c'est ce que démontre l'expérience suivante, véritable épreuve cruciale. Soit un poison qui diminue la chronaxie nerveuse (strychnine), un autre qui diminue la chronaxie musculaire (par exemple vératrine ou pilocarpine dans une première phase). Chacun d'eux, capable de curariser quand il est donné seul, est capable aussi de supprimer la curarisation produite par le poison qui agit dans le même sens sur l'autre élément du complexe, rétablissant ainsi l'isochronisme sur une autre durée ([2]).

Plus récemment, nous avons obtenu, comme démonstration du rôle de l'isochronisme, un autre fait remarquable que j'ai oublié d'invoquer dans les dernières polémiques.

Orbeli et Ginesinzki avaient observé qu'un muscle curarisé à la limite, reprend son excitabilité indirecte quand on stimule les rameaux sympathiques correspondants, stimulation qui est sans effet appréciable sur la contractilité directe ou indirecte d'un muscle normal. En 1929, nous avons, avec Orbeli, constaté que la stimulation sympathique diminue la chronaxie d'un muscle normal, également celle d'un muscle curarisé, la ramenant vers la normale ([3]). Le phénomène d'Orbeli et Ginesinzki rentre donc *de plano* dans le cadre de la théorie chronologique de la curarisation; d'autres explications vagues ne résistent pas à l'observation suivante. Si, au lieu du curare (ou de la fatigue qui agit dans le même sens et curarise par augmentation de chronaxie), on fait intervenir une substance qui curarise par diminution de chronaxie, la stimulation du sympathique a l'effet exactement inverse : après une dose trop faible pour curariser, elle *supprime* l'excita-

---

([2]) Pour les références bibliographiques de la première partie de cette Note, voir L. Lapicque, *L'excitabilité en fonction du temps*. Paris, 1926.

([3]) *C. R. Soc. de Biol.*, 103, 1930, p. 875.

bilité indirecte. Autrement dit, le phénomène est régi par la somme algébrique des changements de chronaxie ([1]).

Cet ensemble de faits publié par nous dès 1912 serait inconcevable si le nerf et le muscle étaient hétérochrones à l'état normal. Avec Keith Lucas, en 1914, nous avions convenu de nous réunir pendant les vacances pour discuter à loisir nos résultats contraires, mais la guerre est venue; j'ai été mobilisé; puis K. Lucas s'est tué en expérimentant des appareils d'aviation.

La question en est longtemps restée là. Ne pouvant retrouver ni comprendre les résultats de K. Lucas, je m'étais résigné à interpréter négativement ses expériences. Mais en 1930, W. A. H. Rushton, étudiant l'excitabilité sur un muscle entièrement plongé dans la solution physiologique sans électrodes définies, obtenait, pour l'intensité en fonction du temps, à côté de courbes γ avec leur allure bien connue, des courbes α incontestablement différenciées par rapport à γ. D'autre part, il démontrait, par un critérium nouveau, que, dans les conditions de ses expériences, γ concerne les rameaux nerveux intramusculaires à l'exclusion des fibres musculaires. Le contrôle que j'en fis immédiatement confirma entièrement les données expérimentales de Rushton, et par conséquent, celles de K. Lucas. Mais je vis aussi que l'allure chronologique de la courbe α, plus précisément la durée liminaire pour une intensité double de la rhéobase, variait en sens inverse de la longueur du bain par où le muscle reçoit le courant; avec une électrode tubulaire assez fine, elle se confond avec γ.

Du coup, le déterminisme du différend avec K. Lucas s'éclairait. Antérieurement, j'avais employé des électrodes diverses, mais toujours relativement fines. Lucas employait des électrodes dites *fluides*, dans lesquelles la cathode était constituée par un bain entourant le muscle sur une longueur de quelques millimètres. On comprend donc que j'aie obtenu exclusivement γ, et Lucas des α intermédiaires entre γ et les α de Rushton.

Il est bien entendu qu'il s'agit de conditions expérimentales excluant l'intervention des nerfs. Mais alors, où prendre la chronaxie du muscle? Sur le muscle de grenouille, avec une cathode fine, elle sera d'environ 0,3 milliseconde; dans un bain ample, 10 à 20 millisecondes. L'essai comparatif, suivant le principe posé par Engelmann, sur des muscles à contraction plus lente, donne la réponse. α est semblable pour tous; il n'est donc pas une *chronaxie*, c'est-à-dire une mesure de la valeur physio-

([1]) *C. R. Soc. de Biol.*, 103, 1930, p. 393.

logique du temps. Au contraire, la cathode fine donne, pour la durée liminaire sous le double de la rhéobase, des valeurs qui classent les muscles dans le même ordre que leurs durées de contraction; par conséquent, sans qu'il soit besoin de se mettre d'accord sur le phénomène qui fausse les mesures avec les électrodes diffuses, on doit considérer que seules les électrodes ponctuelles donnent des mesures correctes; or c'est cette technique qui nous a montré l'isochronisme neuro-musculaire ([5]).

Celui-ci apparaît donc comme un fait, et même un fait empirique; tout ce qui précède est entièrement expérimental. Sur ce terrain même, il y a bien eu des contradictions, parfois assez vives. Après discussion, il ne subsiste de litige que sur quelques points d'une importance minime. Notamment, si le mécanisme de curarisation par la strychnine n'est pas tiré au clair, le fait essentiel de la décurarisation réciproque entre la strychnine et la vératrine ou la pilocarpine est hors de conteste; M. Rushton, après avoir formellement nié le fait, a explicitement accepté mon explication de son insuccès ([6]).

Mais, d'autre part, en partant du début de cette série de constatations relative au cas particulier muscle strié-nerf volontaire, et simultanément, s'est développée une théorie de l'isochronisme comme condition de la transmission intercellulaire. Cette théorie, qui est l'objet propre de la présente discussion, sera examinée dans une prochaine Communication.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du silicium dans les aciers.* Note de M. **Georges Charpy.**

L'analyse chimique a été très peu utilisée jusqu'ici en France dans les spécifications destinées à définir les aciers en vue de leur utilisation industrielle. Mais quelques applications apparaissent déjà dans certains cahiers des charges et elles se multiplieront certainement en raison de l'augmentation continue du nombre des compositions employées en sidérurgie. Pour que cette utilisation, qu'on peut considérer comme nouvelle, de l'analyse chimique ne conduise pas à des difficultés pratiques, il sera nécessaire d'effectuer différentes études préalables, et notamment de déterminer la précision réalisable dans les déterminations qui serviront à classer un

([5]) *C. R. Soc. de Biol.*, **108**, 1931, p. 719; **111**, 1932, p. 554. *J. of Physiology*, **73**, 1931, p. 219; **78**, 1933, p. 381.

([6]) *Biological Reviews*, **10**, 1935, p. 13.

produit comme utilisable ou non. J'ai cru intéressant de rassembler quelques observations, et d'effectuer un certain nombre d'essais, à propos d'un cas très particulier du problème général rappelé ci-dessus, le dosage du silicium dans les aciers; ce dosage est en effet prévu dans certaines spécifications récentes qui ont donné lieu à quelques discussions. J'ajouterai que, pour contrôler les conclusions auxquelles j'arrive, j'ai fait appel au concours de plusieurs chefs de laboratoire d'aciéries, très expérimentés, notamment MM. Clavère, Arnaud et Neyret, car les techniciens, qui font constamment des analyses sidérurgiques, arrivent incontestablement à une précision que l'on obtient bien rarement dans les laboratoires non spécialisés.

Nous avons appliqué les méthodes usuelles de dosage du silicium et leurs principales variantes à divers aciers de fabrication courante, et aussi à des produits synthétiques préparés notamment en prélevant, dans le four Martin même, immédiatement avant la coulée, des quantités égales d'acier liquide qui étaient additionnées, avant solidification, de quantités croissantes de silicium, ou d'aluminium, ou d'autres produits d'addition.

La méthode qui est le plus généralement employée pour doser le silicium dans les aciers consiste à dissoudre le métal dans un mélange d'acides, le plus souvent d'acides sulfurique et azotique, à insolubiliser la silice en concentrant la solution jusqu'à ce qu'il se produise « des fumées blanches », à filtrer la liqueur étendue et à peser le résidu retenu par le filtre.

Le rassemblement sur un filtre de la silice insolubilisée par évaporation de la liqueur d'attaque est par lui-même une opération délicate, en raison de la couleur du précipité, qui le rend difficilement visible et de sa légèreté aussitôt qu'il est desséché. Si l'on considère en outre que l'attaque des vases en verre ou en porcelaine produit des résidus siliceux et qu'il en est de même pour les moindres poussières provenant des bains de sable, etc., on ne s'étonnera pas que la précision de ces déterminations ne puisse pas être poussée très loin pratiquement. En fait, de l'examen de nombreuses séries d'analyses, il semble résulter que des écarts de deux unités sur la seconde décimale du chiffre donnant la proportion pour cent de silicium ne peuvent être discutés. Des séries d'analyses effectuées sur une même limaille, par les mêmes méthodes, par des chimistes soigneux et expérimentés, ont toujours donné des chiffres s'échelonnant entre deux valeurs différant de 0,02 environ. Dans les analyses industrielles courantes, les différences sont plus fortes et peuvent atteindre le double de la valeur indiquée ci-dessus.

Ce qui précède s'applique à la pesée du résidu insoluble dans les acides que l'on considère le plus souvent comme donnant la teneur en silicium. On sait cependant que ce résidu peut contenir autre chose que de la silice, notamment certains oxydes; quand ceux-ci sont colorés, on est averti de leur présence, mais tel n'est pas le cas pour d'autres, tels que l'alumine qui existe fréquemment dans les aciers, souvent calmés par des additions d'aluminium, et pouvant contenir des inclusions silico-alumineuses. Pour éviter les erreurs provenant de ce fait, on a depuis longtemps proposé de traiter le résidu insoluble dans les acides par l'acide fluorhydrique, qui volatilise la silice et de retrancher du poids de l'insoluble trouvé précédemment, le poids du résidu non volatilisable par l'acide fluorhydrique. Nous avons vérifié l'efficacité de cette opération sur différents mélanges synthétiques; on peut bien admettre que l'acide fluorhydrique volatilise toute la silice et rien que la silice; et que son emploi n'augmente pas notablement les erreurs relatives à un même échantillon soumis à plusieurs analyses. En valeur absolue, les réductions de la teneur apparente en silicium varient beaucoup suivant le mode de fabrication de l'acier. Souvent presque nulles, elles atteignent 0,015 et même un peu plus dans les aciers calmés complètement à l'aluminium. Les résidus d'alumine observés paraissent provenir à peu près exclusivement de la fraction de l'aluminium ajouté dans le métal liquide, qui a été oxydée et a formé de l'alumine très fine restant en suspension. En forçant, en effet, la dose d'aluminium, on n'augmente pas le poids de l'alumine trouvée dans l'insoluble.

La silice volatilisée par l'acide fluorhydrique correspond encore à deux provenances différentes, savoir le silicium dissous dans l'acier et oxydé par l'attaque aux acides, et le silicium préalablement oxydé et existant en suspension dans le métal. La séparation de ces deux fractions, souvent tentée, paraît très difficile. La seule méthode qui semble donner des résultats sûrs est l'attaque du métal par le chlore gazeux qui volatilise seulement le silicium non oxydé; elle est d'ailleurs d'une application très délicate. Elle conduit à une nouvelle réduction du chiffre attribué au silicium d'après la pesée du résidu insoluble dans les acides.

Comme exemple des modifications que les remarques qui précèdent peuvent apporter dans les résultats de la pratique métallurgique, nous citerons des chiffres obtenus récemment sur deux coulées d'acier, préparées en vue de satisfaire à des spécifications imposant une teneur en silicium inférieure à 0,03 et pour cela calmées à l'aluminium.

La première donnait, par pesées de l'insoluble, un résidu faible corres-

pondant à une teneur en silicium égale à 0,024, qui a été encore réduite par attaque à l'acide fluorhydrique, et par attaque au chlore, à 0,07, ou du moins à un chiffre plus petit que 0,01.

La seconde coulée a été choisie parce qu'elle donnait, au contraire, à l'attaque aux acides, un résidu exceptionnellement important, conduisant à une teneur en silicium de 0,055, qui a été réduite, après attaque à l'acide fluorhydrique, à 0,041 et par l'attaque au chlore, à 0,028.

Dans ce dernier cas, le métal peut donc être jugé acceptable ou inacceptable suivant la méthode analytique employée.

Nous conclurons que toute spécification d'ordre chimique doit être accompagnée de la description minutieuse de la méthode analytique qui sera employée pour la vérification. Ajoutons que les remarques qui précèdent devraient être prises en considération dans les études préalables sur lesquelles on se base pour fixer numériquement une spécification, et que cela paraît avoir été bien rarement fait.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la mesure presque isométrique.* Note (¹) de M. Antoine Appert.

I. Nous avons développé (²) une théorie générale de la mesure dans les espaces distanciés en imposant la condition suivante :

i. Deux ensembles pouvant se déduire l'un de l'autre par une isométrie (transformation ponctuelle biunivoque conservant les distances) *ont toujours même mesure.*

Le principal objet de la présente Note est de démontrer qu'en remplaçant la condition i par une condition analogue moins stricte i', il existe dans tout espace distancié compact non vide, et *en particulier dans tout ensemble non vide borné et fermé d'un espace euclidien*, une mesure satisfaisant à i' et prenant la valeur 1 sur l'espace entier. Pour obtenir en toute généralité un tel résultat, il est indispensable d'affaiblir la condition i, comme le montrent des exemples simples.

(¹) Séance du 6 septembre 1937.

(²) *Bull. des Sc. Math.*, 60, 1936, p. 329-352 et p. 368-380.

II. Soit H un espace distancié ([3]). Une fonction d'ensemble mE définie pour tout ensemble $E \subset H$ sera dite une *mesure* si elle vérifie les quatre conditions suivantes :

p_1. On a toujours $0 \leq mE \leq +\infty$.

p_2. Si $E \subset F$, on a toujours $mE \leq mF$.

p_3. Si un ensemble E est somme d'un ensemble au plus dénombrable d'ensembles E_i ($i = 1, 2, \ldots$), on a toujours $mE \leq \sum_i mE_i$.

p_4. Si E et F sont deux ensembles dont la distance est $\neq 0$, on a toujours

$$m(E+F) = mE + mF.$$

On sait que, quand ces quatre conditions sont satisfaites, on peut appliquer la théorie générale de la mesure due à Caratheodory ([4]), et qu'en particulier la fonction mE est alors *complètement additive* dans la classe des ensembles boréliens de l'espace H.

Une mesure mE est dite *isométrique* si elle vérifie la condition i. Et une mesure mE sera dite *presque isométrique* si elle vérifie la condition suivante :

i'. Toute isométrie qui transforme un ensemble ouvert O *en un ensemble ouvert* O* *conserve la mesure de chaque ensemble* $E \subset O$.

Enfin, nous posons (comme dans notre Mémoire cité, p. 332) $n(E, r) =$ borne sup. des entiers N tels qu'il existe N points de E dont toutes les distances mutuelles soient $>$ un certain nombre positif r. Le nombre $n(E, r)$ est fini pour chaque ensemble distancié compact E.

III. Soit maintenant H un espace distancié *compact* non vide. Nous poserons successivement, pour tout ensemble $E \subset H$, $\mathcal{E}_H E =$ limite généralisée au sens de M. Banach ([5]) de $n(E, 1/q)/n(H, 1/q)$ quand l'entier $q \to +\infty$; et

$$m_H E = \underset{E \subset \sum_k O_k}{\text{borne inf.}} \sum_k \mathcal{E}_H O_k,$$

les $O_k (k = 1, 2, \ldots)$ étant des ensembles ouverts sur H et formant une famille au plus dénombrable.

Nous avons établi les résultats suivants :

A. *La fonction $m_H E$ est une mesure presque isométrique dans l'espace* H,

---

([3]) Nous adoptons pour les espaces distanciés les définitions et la terminologie de notre Mémoire cité (p. 330-331).

([4]) Voir notre Mémoire cité, p. 338-339, et CARATHEODORY, *Nachr. Ges. Wiss.*, Göttingen, 1914, p. 404-426.

([5]) S. BANACH, Note *Sur la mesure de Haar* dans *Théorie de l'intégrale*, par S. Saks, Warszawa, 1933, p. 266. Cette *limite généralisée* existe pour toute suite réelle bornée, ce qui est ici le cas.

prenant la valeur 1 *sur l'espace* H *entier et telle que l'on ait* (6), *pour tout ensemble* $E \subset H$,

$$m_H E = \underset{O \text{ ouvert} \supset E}{\text{borne inf.}} m_H O.$$

B. *Si une transformation ponctuelle* T *biunivoque, bicontinue et n'augmentant jamais la distance de deux points où elle est définie, transforme un ensemble* G *en un ensemble* T(G) [on peut exprimer ceci en disant que T(G) est une *image topologique non dilatée de* G], *et si l'ensemble* T(G) *est ouvert, alors on a, pour tout ensemble* $E \subset G$,

$$m_H T(E) \leqq m_H E, \quad \textit{et en particulier} \quad m_H T(G) \leqq m_H G.$$

C. *Pour tout ensemble fermé* E *de l'espace* H, *on a*

$$m_H E = \underset{O \text{ ouvert} \supset E}{\text{borne inf.}} \mathcal{E}_H O \geqq \liminf_{r \to 0} \frac{n(E, r)}{n(H, r)}.$$

Et pour tout ensemble ouvert O *de l'espace* H, *on a*

$$m_H O \leqq \limsup_{r \to 0} \frac{n(O, r)}{n(H, r)}.$$

IV. Parmi les conséquences des résultats précédents mentionnons seulement que la théorie ci-dessus s'applique à *tout ensemble* H *non vide borné et fermé* (et par conséquent compact en lui-même) *d'un espace euclidien* (7) (les mots ouvert et fermé, appliqués à des sous-ensembles de H, étant naturellement pris par rapport à H). Ceci montre en particulier qu'*il existe sur tout arc de Jordan* H *non rectifiable une répartition complètement additive de la masse* 1 *telle que tout arc ouvert* (*sur* H) *qui est image topologique non dilatée d'un autre arc, porte toujours une masse au plus égale à celle de cet autre arc. Le même théorème est vrai pour toute surface de Jordan non rectifiable à la condition de remplacer le mot arc par le mot rondelle.*

---

(6) La fonction m_H est donc une *mesure normalisée* ou une *mesure de probabilité* au sens de MM. N. Kryloff et N. Bogoliouboff (*Ann. of Math.*, 38, 1, 1937, p. 68).

(7) Dans ce cas le théorème C montre que les ensembles fermés sur H ayant *le même ordre* C. M. que H [au sens de M. Bouligand (*Les définitions modernes de la dimension*, Paris, 1935, p. 40)] sont de mesure $m_H > 0$, et que les ensembles ouverts sur H ayant un *ordre* C. M. *inférieur* à celui de H (au sens du même auteur) sont de mesure m_H nulle. D'ailleurs, le nombre $n(E, r)$, qui nous a servi de point de départ, dérive directement des notions introduites par M. Bouligand (*ibid.*) pour évaluer ce qu'il appelle l'ordre C. M. relatif de deux ensembles euclidiens.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les invariants de prolongement attachés aux fonctions entières.* Note [1] de M. **Georges Calugaréano.**

Nous avons défini ailleurs [2] les invariants de prolongement, en insistant sur leur utilité quand il s'agit de traduire analytiquement les *propriétés absolues* des fonctions analytiques (propriétés qui ne font intervenir aucun point du plan d'une manière privilégiée, telle l'uniformité, et qui *doivent s'exprimer de la même façon en partant d'un élément quelconque de celle-ci*). Soient $\Sigma a_n(z-z_0)^n$ et $\Sigma a'_n(z-z_1)^n$ deux éléments quelconques de $f(z)$. En désignant par F une fonction (au sens général) d'une infinité de variables, supposons que l'on a

$$I = F(a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots) = F(a'_0, a'_1, \ldots, a'_n, \ldots),$$

et ceci quels que soient les points z_0 et z_1, situés dans le domaine d'holomorphie de $f(z)$. Une telle expression I sera appelée un *invariant de prolongement.* Nous indiquerons ici une suite infinie de tels invariants relatifs aux fonctions entières de genre fini. Nous avons déjà formé les invariants relatifs aux fonctions entières de genre fini ayant une valeur exceptionnelle au sens de M. Picard [2].

Nous définirons une fonction telle que F par une limite, à savoir

$$\lim F(a_0, a_1, \ldots, a_n, n) \quad \text{pour} \quad n \to \infty.$$

Or on peut obtenir des invariants en prenant

$$\lim F(a_m, a_{m+1}, \ldots, a_n, n) \quad [m = m(n)],$$

où $m(n) \to \infty$ pour $n \to \infty$. Un tel invariant, ne dépendant effectivement d'aucun coefficient a_n à distance finie, sera appelé un *invariant asymptotique.* De tels invariants seront propres à représenter les propriétés de $f(z)$ qui subsistent après addition à celles-ci d'un polynome quelconque (telle l'uniformité). Passons maintenant aux invariants annoncés. Remarquons que l'ordre ρ et le type σ d'une fonction entière sont des invariants de prolongement [3]. On sait, d'autre part, que ces constantes ont été géné-

---

[1] Séance du 13 septembre 1937.

[2] *Mathematica,* 12, 1936, p. 164.

[3] Une démonstration est donnée par Pringsheim, *Zahlen u. Funktionentheorie,* II, 2, p. 735.

ralisées, en vue d'une classification plus ample, par E. Lindelöf ([4]) et P. Boutroux ([5]). Or, à l'aide des coefficients tayloriens a_n, ces constantes (positives ou négatives) s'expriment ainsi

$$-\frac{1}{\rho}=\overline{\lim}\,\frac{\log|a_n|}{n\log n},\qquad \rho_1=\overline{\lim}\,\frac{\rho\log|a_n|+n\log n}{n\log_2 n},\qquad \ldots,$$

$$\rho_k=\overline{\lim}\,\frac{\rho\log|a_n|+n\log n-\rho_1 n\log_2 n-\ldots-\rho_{k-1}n\log_k n}{n\log_{k+1}n},\qquad\ldots,$$

les limites supérieures étant prises pour $n\to\infty$. On a alors

$$r^\rho(\log r)^{\rho_1}(\log_2 r)^{\rho_2}\ldots(\log_k r)^{\rho_k-\varepsilon}<\log M(r)<r^\rho(\log r)^{\rho_1}(\log_2 r)^{\rho_2}\ldots(\log_k r)^{\rho_k+\varepsilon},$$

la dernière pour $r>r_0$ et la première pour une suite $r=r_i$, $r_i\to\infty$ pour $i\to\infty$. La démonstration résulte des inégalités de Lindelöf-Boutroux, mais elle peut être faite directement. En désignant encore par a'_n les coefficients tayloriens relatifs à z_1, on a, en posant $z_1-z_0=h$,

$$a'_n=a_n+C^1_{n+1}a_{n+1}h+\ldots+C^p_{n+p}a_{n+p}h^p+\ldots.$$

Posons

$$-\frac{1}{\rho'}=\overline{\lim}\,\frac{\log|a'_n|}{n\log n},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$\rho'_k=\overline{\lim}\,\frac{\rho'\log|a'_n|+n\log n-\rho'_1 n\log_2 n-\ldots-\rho'_{k-1}n\log_k n}{n\log_{k+1}n}.$$

Supposons l'existence de ρ, ρ_1, ..., ρ_k, celle de $\rho'=\rho$, $\rho'_1=\rho_1$, ..., $\rho'_{k-1}=\rho_{k-1}$, et démontrons que $\rho'_k=\rho_k$. On a, par hypothèse, pour $n>N_0$,

$$\rho\log|a_n|+n\log n-\rho_1 n\log_2 n-\ldots-\rho_{k-1}n\log_k n<(\rho_k+\varepsilon)n\log_{k+1}n$$

ou

$$|a_n|<\left[\frac{(\log n)^{\rho_1}(\log_2 n)^{\rho_2}\ldots(\log_k n)^{\rho_k+\varepsilon}}{n}\right]^{\frac{n}{\rho}},$$

et l'on voit sans peine que cette dernière fonction de n est constamment décroissante pour $n>N_1$. On a donc, pour $n>N$ et $|h|<1$,

$$|a'_n|<\left[\frac{(\log n)^{\rho_1}(\log_2 n)^{\rho_2}\ldots(\log_k n)^{\rho_k+\varepsilon}}{n}\right]^{\frac{n}{\rho}}(1+C^1_{n+1}|h|+\ldots+C^p_{n+p}|h|^p+\ldots)$$

$$=\left[\frac{(\log n)^{\rho_1}\ldots(\log_k n)^{\rho_k+\varepsilon}}{n}\right]^{\frac{n}{\rho}}(1-|h|)^{-n-1},$$

([4]) *Acta Soc. Fenn.*, **31**, 1903, p. 1.
([5]) *Acta mathem.*, **28**, 1904, p. 97.

d'où

$$\rho' \log|a'_n| < -n\log n + \rho'_1 n \log_2 n + \ldots$$
$$+ \rho'_{k-1} n \log_k n + (\rho_k + \varepsilon) n \log_{k+1} n - \rho'(n+1)\log(1-|h|),$$

qui donne de suite $\rho'_k \leqq \rho_k + \varepsilon$, et, comme ε est arbitraire, $\rho'_k \leqq \rho_k$. Mais, en partant de l'élément centré sur z_1 on déduirait (6) de même $\rho_k \leqq \rho'_k$, donc $\rho'_k = \rho_k$. Une difficulté se présente en supposant $\rho'_k = -\infty$. Mais nos égalités s'écrivent alors de la même façon en posant A à la place de $\rho_k + \varepsilon$, A étant un nombre négatif aussi grand que l'on veut, et le raisonnement réciproque donne alors $\rho_k \leqq A$, d'où $\rho_k = -\infty$, contrairement à l'hypothèse. Ainsi, les constantes ρ_k sont des invariants de prolongement dans un cercle de rayon 1 si elles sont finies au centre de ce cercle. On voit donc de proche en proche que ce sont des invariants valables dans tout le plan. Le nombre de ces invariants asymptotiques peut être infini lorsque aucun d'eux n'est infini; car $\rho_k = \pm\infty$ rend impossible la formation de ρ_{k+1}. Il y a lieu alors de suivre encore de plus près la croissance de $\log M(r)$ et de définir de nouvelles constantes de croissance; on peut dire la même chose quant aux fonctions entières d'ordre infini.

GÉODÉSIE. — *Sur une méthode de mesure des angles par répétitions fractionnées.* Note (1) de MM. **Charles Schmerber**, **Pierre Tardi** et **Paul Caillol**, présentée par M. Georges Perrier.

Il existe deux méthodes classiques pour la mesure des angles sur le terrain : la méthode de la *répétition* et la méthode de la *réitération*.

La première, mise en œuvre à l'aide des *cercles répétiteurs* de Borda, a été utilisée par les Ingénieurs Géographes jusqu'au milieu du siècle dernier. Elle a été abandonnée à cause de la grande difficulté de construire un appareil permettant de l'appliquer en toute rigueur.

Cette méthode est pourtant supérieure à la méthode de la réitération, utilisée de nos jours de façon à peu près exclusive, comme l'a montré en particulier M. Jules Baillaud en se référant aux étalonnages connus de plusieurs cercles gradués utilisés dans les instruments méridiens astronomiques (2).

(6) Ce raisonnement est employé dans une question analogue par Polyà et Szegö, *Aufgaben u. Lehrsätze aus der Analysis*, 1, p. 133.

(1) Séance du 13 septembre 1937.

(2) *Bulletin géodésique*, 13, 1934, p. 38 à 47.

Or il est facile d'utiliser, avec un instrument réitérateur moderne, une méthode (que nous avons appelée par répétitions fractionnées) qui bénéficie de presque tous les avantages théoriques de la méthode de répétition proprement dite.

On effectue n mesures *indépendantes* de l'angle AB, comprenant chacune, pointés au fil mobile oculaire et lecture, des microscopes aussi bien sur le signal A que sur le signal B. Mais on s'astreint, pour la mesure de rang p, à avoir pour le signal A une lecture *totale* (lecture du limbe et appoint des microscopes) très voisine de celle que l'on avait sur le signal B, à la mesure de rang $(p-1)$. Il est évident qu'en prenant la moyenne de n mesures faites, on élimine toute la partie systématique des erreurs concernant à la fois les traits du limbe que l'on a utilisés et les lectures de microscopes que l'on a effectuées sur ces traits.

Restent seulement à considérer :

divisées par n, les erreurs systématiques concernant la division et la lecture de microscopes pour la première des lectures sur A et la dernière des lectures sur B ([3]).

variant de façon inversement proportionnelle à $\sqrt{n}$, les erreurs accidentelles de lecture tant au fil mobile oculaire qu'aux microscopes.

Si l'on forme la somme Σ_p de p mesures consécutives, la valeur la plus probable de l'angle est Σ_p/p. On a ainsi pour l'angle cherché des valeurs qui tendent de plus en plus vers celle que l'on sera conduit à adopter définitivement lorsque p aura atteint une valeur n fixée à l'avance. Ce groupement de résultats en amélioration progressive permet à l'observateur de se rendre compte du moment où les observations supplémentaires ne modifient le résultat final que de quantités négligeables. En outre, si, par suite d'un hasard malencontreux, la $n^{\text{ième}}$ et dernière répétition se termine sur un trait entaché d'une erreur exceptionnellement grande, il se produira une brusque variation de la valeur de Σ_p/p. L'observateur, averti par cette brusque variation, peut soit s'arrêter à la $(n-1)^{\text{ième}}$ répétition, si la suite de Σ_p/p est suffisamment régulière, soit faire une $(n+1)^{\text{ième}}$ répétition, pour que l'erreur de division du trait incriminé soit éliminée.

Dans l'application de cette méthode on conserve l'indépendance des mesures individuelles que les conditions parfois précaires ou fugitives

(3) Si A est une référence commune aux différentes directions du tour d'horizon, seule la seconde de ces erreurs subsistera, divisée par n, dans le résultat final des observations mis sous forme de tour d'horizon.

de visibilité rendent nécessaire. On conserve également la possibilité d'opérer par mesures *aller et retour*, c'est-à-dire par couples, méthode qui permet seule l'élimination de la *torsion*, souvent assez considérable sur signaux géodésiques élevés.

On trouvera ci-après les résultats d'une série de 10 mesures par couples, obtenue au cours d'une campagne d'observations géodésiques de premier ordre effectuée en 1937. On remarquera l'excellence du cercle azimutal utilisé, cercle n° 11, construit à Paris par Chasselon, sur les indications et d'après les dessins de la Section des Instruments du Service géographique de l'Armée.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que, si les moyennes Σ_p/p atteignent très rapidement une valeur très voisine de leur valeur finale (ce qui prouve la *convergence* très rapide de la méthode), les valeurs individuelles des angles mesurés se répartissent néanmoins sur près de 10''.

Des expériences sont actuellement en cours en vue de réaliser un instrument permettant également l'application de la méthode de répétition proprement dite, c'est-à-dire sans lecture de microscopes intermédiaires.

EXEMPLE D'APPLICATION.

Date, 20-25 mai 1937. *Observateur*, Commandant Tardi.

Station de Forêt Villiers.

Angle mesuré { Référence (panneau) (K = 8^{km}). Vauchonvilliers (K = 34^{km}).

Numéro de la répétition.	Valeur du couple observé.	Σ_p.	$\frac{\Sigma_p}{p}$.
1	376^G.1031'',65	31'',65	376^G.1031'',65
2	25,80	57,45	28,73
3	27,96	85,41	28,47
4	26,37	111,78	27,95
5	35,03	146,81	29,36
6	29,80	176,61	29,44
7	28,24	204,85	29,29
8	30,37	235,22	29,40
9	28,71	263,93	29,33
10	30,23	294,16	29,41
Valeur adoptée	**376.1029,41**		

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des alliages du fer avec l'iridium.* Note de M. **Maurice Fallot**, transmise par M. Pierre Weiss.

Aucun renseignement n'a été publié jusqu'ici sur les alliages du fer avec l'iridium. Ce dernier élément cristallise dans un réseau cubique à faces centrées dont la maille est très voisine de celle du platine, l'existence de solutions solides avec le fer était donc très probable.

Les études métallographiques et magnétiques que j'ai effectuées ont vérifié cette attente : les alliages obtenus dans le réseau α du cube centré sont ferromagnétiques jusqu'à 15 pour 100 (atom.) d'iridium (37,8 pour 100 spéc.).

Les points de Curie, les points de transformations et les moments ferromagnétiques ont été déterminés; la ressemblance avec les propriétés analogues des alliages du fer avec le ruthénium et l'osmium (¹) est très grande :

De 0 à 2 pour 100 (atom.), les alliages sont réversibles dans la région des points de Curie. De 2 à 5 pour 100, leurs points de Curie s'observent facilement aux températures croissantes; mais aux températures décroissantes, ils ne se manifestent que si la température de transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ n'a pas été dépassée lors de l'échauffement; en effet, dans ces limites de concentrations, l'état γ peut subsister à des températures inférieures à celles des points de Curie.

Au delà de 5 pour 100, les points de Curie de l'état α ne sont pas observables directement, les alliages présentent les caractères bien connus des ferronickels irréversibles.

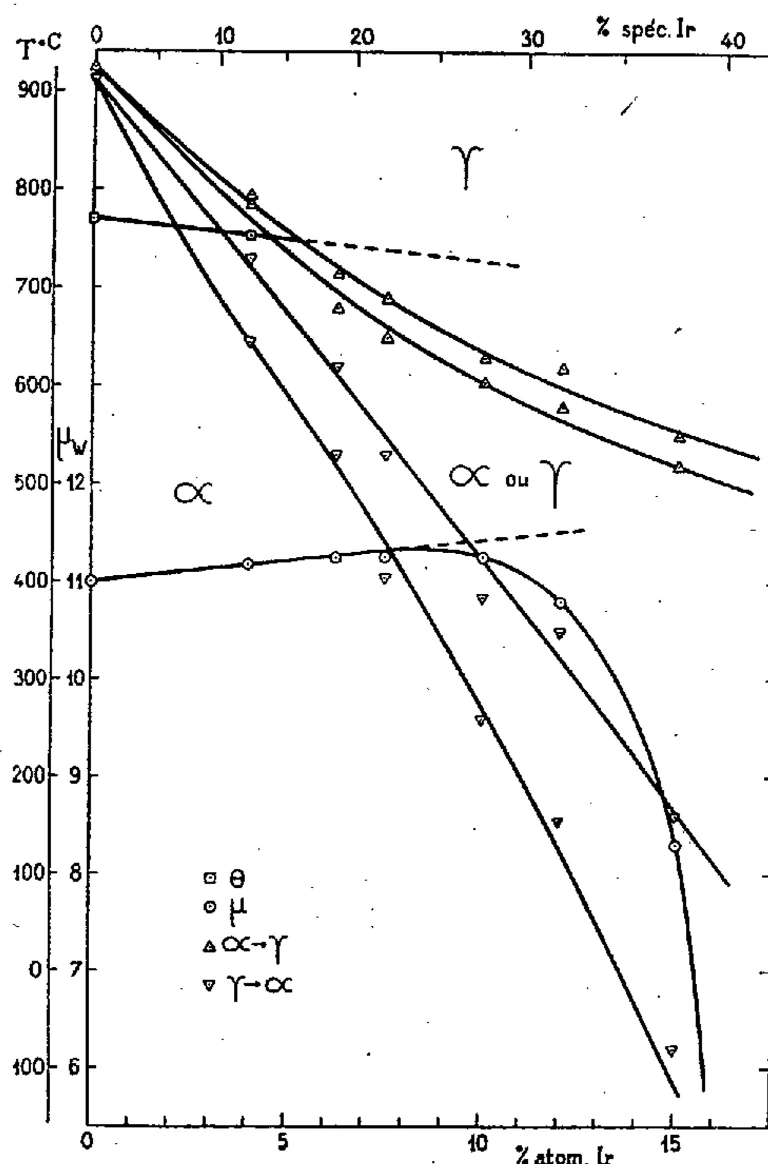
La figure montre le début et la fin des transformations $\alpha \rightarrow \gamma$ et $\gamma \rightarrow \alpha$, chacune d'elles s'étend sur un intervalle de températures d'autant plus grand que le titre est plus élevé.

Les points de Curie s'abaissent lorsque le titre en iridium augmente; le taux de variation, 4°C. par atome introduit dans le fer, est intermédiaire entre celui des fer-platine (0°C.) et celui des fer-osmium (11°C.)

Le moment atomique moyen augmente linéairement avec le titre en iridium. Ce fait est remarquable, et parmi les solutions solides d'éléments non ferromagnétiques dans le fer, il ne s'observe qu'avec le rhodium (²), le

(¹) M. Fallot, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 227.
(²) M. Fallot (inédit).

platine ([3]) et l'iridium. Toutefois, pour ce dernier, le taux de variation plus faible que dans le cas du platine (pente de la droite : $+4,3$ au lieu de $+9,9$), et l'intervalle restreint d'existence de la phase α contribuent à rendre moins élevé le maximum de moment moyen : alors qu'il était de 12,25 magnétons de Weiss pour le fer-platine à 12,5 pour 100, il



Pour la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$, la courbe inférieure en marque le début et la courbe supérieure, la fin.

Pour la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, la courbe supérieure en marque le début et la courbe inférieure, la fin.

atteint seulement 11,3 magnétons de Weiss pour 7 pour 100 environ d'iridium.

Au delà de ce titre, le moment moyen décroît très rapidement lorsque le titre augmente. Cette allure de variation ressemble plus à celle qui a été trouvée pour les fer-osmium et les fer-ruthénium qu'à celle des ferro-platine.

([3]) M. Fallot, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 128; L. Graf et A. Kussmann, *Phys. Zeits.*, 36, 1935, p. 544.

RAYONS X. — *Étude de satellites* Lα *pour quelques éléments lourds et terres rares.* Note de Mlle **Yvette Cauchois**, transmise par M. Jean Perrin.

On trouvera ci-dessous quelques nouveaux résultats d'une étude d'ensemble sur les émissions *hors-diagramme* qui accompagnent les raies Lα des éléments lourds.

Ces émissions sont très complexes. Comme je l'ai déjà montré ([1]), on peut suivre, vers les courtes ondes par rapport à α_1, depuis l'uranium, au moins trois satellites (maxima d'intensité) : α^x, α^{ix} et α'; deux (a^{ix} et α') sont confondus au celtium ($z = 72$). J'avais signalé que l'émission globale est encore très nette jusqu'à l'erbium (68) et j'y avais mesuré α^x et α'. Cependant, on admettait que les satellites Lα n'étaient pas observables de $z = 75$ à $z = 56$. J'ai donc cru intéressant d'étendre l'analyse à des éléments encore plus légers.

Dy (66). J'ai étudié son émission sur un échantillon d'oxyde de dysprosium très concentré, préparé et mis à ma disposition par MM. G. Urbain et Trombe. Plusieurs plans réticulaires internes de deux quartz très minces courbés sous 40 et 20^cm de rayon m'ont servi pour obtenir de nombreux spectres dans divers ordres. J'ai refait à cette occasion les mesures de α_1, α_2 et η (2e ordre de plans normaux aux faces des lames) par rapport à FeKα (2e ordre) et WLβ (3e ordre) ([2]) (Tableau I). Tous les clichés

Tableau I.

		λ u. x.	ν/R.
66 Dy	α_2	1915,9₆	475,6₂
»	α_1	1904,9₀	478,38
»	η	1893,5	481,26
64 Gd	η	2045,2	445,56

montrent entre η et α_1 deux raies un peu plus faibles que η et qui sont identifiables à α^x et a'. Vers les grandes ondes de α_1 on trouve deux autres raies hors-diagramme, sans doute de même nature que celles notées ci-après α^z (Tableau II).

Malgré les difficultés d'étude des rayonnements peu pénétrants à l'aide

([1]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1194; **201**, 1935, p. 721; **202**, 1936, p. 2068; **203**, 1936, p. 398.

([2]) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2e Aufl.

des appareillages dont je disposais, j'ai encore pu observer des émissions « hors diagramme » pour le gadolinium (64) et le samarium (62). Sur mes clichés elles sont peu intenses mais distinctes malgré la dispersion, petite dans ce cas ($22ux$/mm), et la faible exposition des raies de diagramme elles-mêmes. Ici encore chaque raie α_1 présente une dissymétrie marquée vers les grandes ondes; au gadolinium elle doit être due, en partie, à la raie η, non encore mesurée pour cet élément ([2]), dont on trouvera dans le Tableau I une première estimation; au samarium cette dissymétrie doit indiquer la présence d'au moins un satellite de α_1.

Tableau II.

		λ u. x.	ν/R.	Δν/R à α_1.			λ u. x.	ν/R.	Δν/R à α_1.
92 U.....	α_{I}^{z}	909,8	1001,61	−1,17	78 Pt.....	α^{y}	1308,7	696,32	+0,87
90 Th....	α_{I}^{z}	955,1	954,10	−1,06	»	α_{II}^{z}	1311,1	695,04	−0,41
83 Bi.....	α_{I}^{z}	1142,2	797,82	−0,49	»	$\alpha_{\mathrm{III}}^{z}$	1312,1	694,51	−0,94
»	α_{II}^{z}	1142,7	797,47	−0,84	75 Re.....	α^{y}	1428,5	637,92	+0,66
80 Hg....	α^{y}	1236,9	736,74	+1,04	»	α_{II}^{z}	1430,3	637,12	−0,14
»	α_{I}^{z}	1239,2	735,37	−0,33	»	$\alpha_{\mathrm{III}}^{z}$	1431,9	636,40	−0,86
»	α_{II}^{z}	1239,7	735,07	−0,63	73 Ta.....	α^{y}	1517,5	600,51	+0,54
»	$\alpha_{\mathrm{III}}^{z}$	1240,4	734,66	−1,04	66 Dy....	α^{x}	1898,1	480,10	+1,72
79 Au....	α^{x}	1268,63*	718,31	+2,90	»	α'	1901,1	479,33	+0,95
»	α_{II}^{x}	1269,2	717,99	+2,58	»	$\alpha_{\mathrm{III}}^{z}$?	1907,2	477,80	−0,58
»	α^{ix}	1270,35*	717,34	+1,93	»	–	1912,3	476,53	−1,85
»	α'	1271,46	716,71	+1,30	64 Gd....	α^{x}	2035,7	447,64	+1,36
»	α^{y}	1272,15	716,32	+0,91	62 Sa.....	α^{x}	2189,0	416,29	+1,13
»	α_{II}^{z}	1274,6	714,95	−0,46	»	$\alpha_{\mathrm{III}}^{z}$?	2197,7	414,65	−0,51
»	$\alpha_{\mathrm{III}}^{z}$	1275,5	714,44	−0,97					

(*) Voir références ([3]) et ([4]).

J'ai, d'autre part, refait quelques spectres pour les groupes $L\alpha$ d'atomes lourds dans de bonnes conditions de résolution afin d'en affiner l'analyse.

Émissions de fréquences supérieures à celles de α_1. — Au (79). On connaissait deux raies : α^{x} et α^{ix} ([3]), ([4]). Mes clichés montrent que α^{ix} est la plus fine et la plus intense; α^{x} se résout en deux composantes. Plus près de α_1 se voient encore d'autres raies; j'en ai mesuré deux : α', dont j'avais signalé l'existence pour certains atomes voisins; α^{y}, nouvelle à ma connaissance.

([3]) F.-K. Richtmyer, S. Kaufman, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 605.
([4]) H. Claësson, *Zeits. f. Phys.*, 83, 1933, p. 231.

Hg (80). Je complète ici mes observations précédentes faites avec un mica courbé, sous une dispersion plus petite ([5]).

Autres atomes lourds. — L'émission nouvelle α^y a été suivie depuis Ta (73); elle semble se rapprocher de α' et n'en est plus séparable sur mes clichés vers la fin du système périodique (Tableau II).

Émissions de fréquences inférieures à celles de α_1. — J'avais signalé l'étalement apparent de α_1 vers les grandes ondes ([6]); on y distingue ici plusieurs satellites. Je donne, dans le Tableau II, ceux que j'ai pu systématiser (en trois groupes : $\alpha_{\rm I}^z$, $\alpha_{\rm II}^z$, $\alpha_{\rm III}^z$). Les mesures sont difficiles; mes nombres ne prétendent pas à une grande précision; il y aura d'ailleurs peut-être lieu de modifier, après plus ample étude, les filiations adoptées. Je veux seulement attirer l'attention sur l'existence même de ces émissions.

Un essai récent d'estimation quantitative de l'apparence des satellites Lα de l'or ([7]), dans l'hypothèse de leur émission par des atomes doublement ionisés en couche M, fait attendre la présence d'une bande non résoluble vers les grandes ondes de α_1. Les prévisions numériques diffèrent encore beaucoup des données expérimentales, aussi bien pour cette bande que pour celle située vers les courtes ondes de α_1.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cultures en série de tissus végétaux sur milieu artificiel.* Note ([1]) de M. **Pierre Nobécourt**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons montré ([2]) que, si l'on place dans un milieu humide des tranches de carotte découpées aseptiquement, il se produit en quelques semaines, à la surface du bois, du liber ou dans la région du cambium, des proliférations cellulaires absolument analogues à celles obtenues par R. Gautheret ([3]) dans ses intéressantes recherches sur la culture du tissu cambial de divers arbres. Ces proliférations revêtent le plus souvent

---

([5]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1194.
([6]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2068.
([7]) F.-K. Richtmyer, E.-G. Ramberg, *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 925.

([1]) Séance du 13 septembre 1937.
([2]) *Thèse Sciences*, Lyon, 1927, p. 116, et P. Nobécourt et A. Dusseau, *Congrès de l'Assoc. franç. p. l'Avancem. des Sc.*, Paris, juill. 1937.
([3]) *Thèse Sciences*, Paris, 1935.

l'aspect de sortes de tumeurs se développant aux dépens des réserves contenues dans les anciens tissus.

Nous avons cherché à cultiver ces tissus néoformés, sur milieu artificiel et en l'absence de tout fragment de tissu normal. Après plusieurs tentatives infructueuses, nous venons d'obtenir des résultats entièrement satisfaisants.

Nos cultures sont faites en boîtes de Borrel identiques à celles employées dans la culture des tissus animaux. Le milieu de culture comprend une partie solide et une partie liquide. Pour l'obtenir, on prépare la solution suivante :

Eau bi-distillée	2000
Glucose	40
Azotate de calcium	1
Azotate de potasse	0,25
Phosphate monopotassique	0,25
Sulfate de magnésie	0,25

On y ajoute 30 gouttes de la solution oligodynamique préconisée par Albert Berthelot ([1]), apportant au milieu nutritif du fer, du manganèse, du nickel, du cobalt, du titane, du zinc, du cuivre, du glucinium et du bore, et l'on ajuste le pH à 6,5 par addition d'une quantité convenable d'une solution concentrée de carbonate de potasse.

De la solution nutritive ainsi obtenue, on fait deux parts. L'une est solidifiée par adjonction de 15 pour 1000 de gélose préalablement soigneusement lavée. Ce milieu nutritif gélosé est stérilisé à l'autoclave et réparti aseptiquement avant solidification dans les boîtes de Borel préalablement passées au four à flamber. Chaque boîte reçoit ainsi $1^{cm^3},5$ de ce milieu qu'on laisse se solidifier en couche mince sur le fond de la boîte.

La deuxième part de la solution est additionnée de 25^{mg} de chlorhydrate de cystéine et de 5^{mg} d'acide indol-β-acétique, par litre. On stérilise ensuite par filtration sur bougie et l'on ajoute aseptiquement, dans chaque boîte de Borel, également $1^{cm^3},5$ de cette liqueur. En plaçant horizontalement les boîtes de Borel, le liquide s'étale à la surface de la gélose solidifiée, qu'on laisse s'imprégner pendant 24 heures.

Le matériel étant ainsi préparé, de minces tranches décapées aseptiquement avec une aiguille à cataracte, dans une tumeur qui s'était développée sur une tranche de Carotte, ont été déposées à la surface de la gélose et

---

([1]) *Bull. Soc. Chimie biol.*, 16, 1934, p. 1553.

les boîtes de Borel ont été inclinées de façon à empêcher le liquide de venir en contact avec les fragments de tissus tout en lui permettant de diffuser dans la gélose.

L'orifice des boîtes ayant été paraffiné pour empêcher l'évaporation, elles furent laissées à la température du laboratoire (20° environ), exposées à la lumière diffuse. Bientôt, on put voir que la prolifération cellulaire commençait et, au bout d'un mois, le volume des fragments ensemencés avait considérablement augmenté. Les tranches, dont le diamètre primitif était d'environ 3 à 4^{mm}, et dont l'épaisseur n'atteignait pas $0^{mm},5$, avaient pris à ce moment l'aspect de mamelons de plusieurs millimètres de haut; le diamètre s'était également accru, quoique dans de moindres proportions. On peut estimer que le volume de ces fragments avait augmenté de 10 à 30 fois, c'est-à-dire avec bien plus de rapidité que les tumeurs demeurées attenantes aux tissus normaux de la Carotte.

Les tissus des mamelons ainsi formés, comme ceux de la tumeur dont ils proviennent, contiennent de la chlorophylle. Ils sont principalement formés de cellules plus ou moins allongées, souvent arquées, peu cohérentes entre elles. Dans un prochain travail, nous décrirons leur structure de façon plus complète.

Ajoutons que le plus volumineux des mamelons obtenus a donné naissance, à sa partie supérieure, à une mince racine, munie de poils absorbants, qui s'est dirigée vers la gélose où elle a continué sa croissance jusqu'à atteindre environ 2^{cm} de longueur.

Au bout d'un mois, l'un des mamelons a été découpé en tranches minces et celles-ci ont été ensemencées dans de nouvelles boîtes de Borel. Après deux semaines, ces fragments ont acquis un volume sensiblement égal à celui de la culture dont ils provenaient. L'un deux a été à son tour découpé en tranches, qui ont été repiquées, et dont la croissance est en cours. Notre technique permet donc la culture en série de tissus végétaux, résultat qui n'avait pu être obtenu jusqu'ici.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude de quelques cas complexes de régénération de la tête chez les Lombrics.* Note (¹) de M. **Marcel Avel**, transmise par M. Maurice Caullery.

J'ai établi (²) que les moitiés dorsale et ventrale du *tégument* céphalique (épiderme + muscles pariétaux) des Lombrics jouaient un rôle différent dans la régénération de la tête après amputation. Les expériences sur lesquelles je fondais cette conclusion ont été complétées et approfondies.

I. Dans la région céphalique, du 4ᵉ au 10ᵉ segment, j'ai remplacé le tégument dorsal par le tégument ventral (avec la chaîne nerveuse) des segments correspondants, prélevé sur un autre Lombric. Après guérison, j'ai amputé l'animal de ses 5 ou 6 premiers segments. La surface de section est donc pourvue de deux téguments ventraux et privée de tégument dorsal.

Ces opérés régénèrent des *têtes doubles*, bien que les organes méso-endodermiques internes ne soient pas doubles. L'étude de ces régénérats sur des coupes en série montre qu'ils sont formés chacun de deux têtes sensiblement complètes, disposées comme si on les avait fendues dorsalement sur une partie plus ou moins grande ou même la totalité de leur longueur, puis soudées par les parties correspondantes de cette incision. Les organes ventraux sont ainsi bien distincts, et correctement orientés par rapport à la base, tandis que les organes dorsaux sont placés sur la ligne de suture des deux composants, c'est-à-dire sur les flancs, et sont formés chacun, en réalité, comme le montre leur position par rapport aux autres parties, de deux demi-organes fusionnés, dont chaque moitié appartient à l'un des composants.

II. J'ai effectué l'expérience inverse de la précédente, en remplaçant le tégument céphalique ventral (sans la chaîne nerveuse, qui est laissée en place) par le tégument dorsal de la même région, pris sur un autre Lombric. Après guérison et amputation de la tête dans la région ainsi modifiée, la surface de section est dépourvue de tégument ventral et présente deux téguments dorsaux.

Les résultats de cette opération sont variables, mais forment, dans leur ensemble, une série continue. Le régénérat est une *tête simple*, qui se déve-

---

(¹) Séance du 13 septembre 1937.

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2334.

loppe toujours plus lentement, et reste finalement plus petite que celle des témoins. C'est, soit une tête réduite, mais bien conformée, soit une production filiforme, sans axe dorso-ventral net; fréquemment, même, il ne se développe aucun régénérat.

Le faible volume moyen des régénérats obtenus dans ces conditions fait d'abord penser à une insuffisance de *matériel* régénérateur. Cette explication doit être écartée. En effet, j'ai montré (3) que, si le tégument céphalique ventral est remplacé, non pas par le tégument dorsal de la même région, comme précédemment, mais par le tégument ventral de la région neutre, dépourvu de pouvoir régénérateur, la régénération de la tête est simplement ralentie, mais non modifiée, et s'effectue toujours.

L'absence de tégument ventral semble au contraire amoindrir le pouvoir *organisateur*. A partir d'un certain degré de petitesse, les régénérats n'ont pas d'axe dorso-ventral bien net. Sur les régénérats plus grands, on observe un axe dorso-ventral correct, mais cet axe est orienté de manière variable par rapport à l'axe correspondant de la base.

Or les régénérats minuscules ne sont pas nécessairement anormaux. Par déviation de la chaîne nerveuse dans une fenêtre tégumentaire latérale; j'ai pu en effet provoquer la poussée de têtes parfois filiformes et cependant d'une morphologie externe correcte.

Tout semble donc se passer, dans l'expérience II, comme si, en présence de tégument dorsal seul, l'axe dorso-ventral du régénérat avait peine à s'établir.

S'il en est ainsi, un fragment, même petit, de tégument ventral doit faciliter la détermination de cet axe, donc la régénération. L'expérience III confirme pleinement cette présomption.

III. Le tégument céphalique ventral est remplacé par le tégument céphalique dorsal, comme précédemment (II), mais une petite bande de ce tégument ventral est conservée au niveau de la chaîne nerveuse, sous le tégument dorsal greffé. Après amputation de la tête dans ces conditions, on obtient *toujours* la régénération d'une tête normalement constituée, et normalement orientée par rapport aux parties anciennes laissées en place.

On obtient un résultat analogue si, dans la bandelette de tégument ventral, on détruit au galvanocautère tout l'épiderme et une partie des muscles sous-jacents.

Par conséquent le *tégument céphalique ventral* peut à la fois fournir les

(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 374, expérience *b*.

cellules ecto- et mésodermiques d'un blastème de régénération, et exercer sur ce blastème une action organisatrice complète. Le *tégument céphalique dorsal* peut, lui aussi, édifier un blastème, mais par contre son pouvoir organisateur est incomplet, en particulier il ne semble pas apporter toujours les éléments de dissymétrie nécessaires à la détermination d'un axe dorso-ventral correct.

Les propriétés des deux moitiés du tégument semblent d'ailleurs présenter des différences plus qualitatives que quantitatives. En outre, une expérience précédemment discutée ([4]) permet de préciser que la cause de ces différences est de nature physiologique et non pas morphologique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le diacétyle dans les beurres normands.* Note de MM. **Ch. Brioux** et **Edg. Jouis**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le diacétyle, produit normal du métabolisme des êtres vivants et, en particulier, des fermentations butylène-glycoliques ([1]), est considéré comme l'un des principaux facteurs de l'arôme des beurres; toutefois, il n'est généralement produit qu'en très minime quantité au cours des fermentations lactiques naturelles, accompagné d'une dose plus importante d'acétylméthylcarbinol.

On a songé à utiliser le diacétyle pour améliorer les beurres manquant d'arôme; mais l'emploi des bonificateurs pour beurres a été interdit par la loi du 2 juillet 1935. Il importe donc, pour pouvoir dépister les beurres susceptibles d'avoir été aromatisés artificiellement, d'être fixé dans la mesure du possible sur les teneurs en diacétyle naturel des beurres purs des diverses régions.

A la demande du Ministère de l'Agriculture, nous avons étudié à ce point de vue particulier les beurres du Calvados et de la Manche, ainsi qu'un certain nombre de beurres et de crèmes de la Seine-Inférieure. Environ 130 échantillons furent prélevés sur les marchés ou dans les Laiteries coopératives et industrielles.

Méthode d'analyse. — Les beurres étaient analysés aussitôt que possible après les prélèvements, le plus souvent dans les 48 heures. Vu les doses

---

([4]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 255.

([1]) Lemoigne et Monguillon, *Ann. des Falsif.*, n° 313, 1935, p. 278.

très minimes de diacétyle à déterminer, la méthode pondérale de Lemoigne, au diméthylglyoximate de nickel, n'était pas pratiquement applicable; nous avons utilisé la méthode colorimétrique très sensible imaginée par MM. Pien, Baisse et Martin [2], en opérant sur 400g ou 500g de beurre.

L'acétylméthylcarbinol, bien que n'intervenant pas directement dans l'arôme des beurres, car il est sans odeur, fut dosé dans un certain nombre d'échantillons, sous forme de diacétyle, après oxydation en présence de perchlorure de fer.

Résultats obtenus. — Ils se répartissent ainsi pour les beurres :

Teneurs en diacétyle.	Nombre d'échantillons.	Soit pour 100 échantillons.	
De traces à $0^{mg},05$ par kilogramme	24	20,4	76,3
De $0^{mg},06$ à $0^{mg},10$ »	18	15,2	
De $0^{mg},11$ à $0^{mg},50$ »	48	40,7	
De $0^{mg},51$ à $1^{mg},00$ »	18	15,3	
De $1^{mg},10$ à $1^{mg},50$ »	9	7,6	
De $1^{mg},50$ à $2^{mg},50$ »	1	0,8	
Total	118	100,0	

Donc 76,3 pour 100 des beurres examinés jusqu'ici ne contiennent que des doses très faibles de diacétyle, variant de traces à $0^{mg},5$ par kilogramme.

Les chiffres les plus élevés, variant de 1^{mg} à $1^{mg},5$ par kilogramme, avec un maximum exceptionnel de $2^{mg},5$ furent surtout fournis par les beurres des Laiteries coopératives et industrielles.

En ce qui concerne l'acétylméthylcarbinol, qui peut donner par oxydation des traces de diacétyle, 73 pour 100 des beurres examinés en renfermaient de $1^{mg},3$ à 25^{mg} par kilogramme; le maximum trouvé fut de $69^{mg},1$ par kilogramme.

En général, les beurres pauvres en diacétyle sont le plus souvent pauvres ou assez pauvres en acétylméthylcarbinol, et les beurres riches en diacétyle le plus souvent riches en son produit de réduction; mais ce n'est pas une règle absolue.

Les *crèmes* fermentées prêtes au barattage sont plus riches en diacétyle et surtout en acétylméthylcarbinol que les beurres correspondants; ces deux corps passent surtout dans le babeurre, comme le montrent les chiffres ci-après, s'appliquant à des produits analysés le jour même de la

---

[2] *Le Lait*, 17, n° 167, 1937, p. 673.

fabrication du beurre, ou au plus tard le lendemain matin (Laiterie de Royville, Seine-Inférieure) :

		Diacétyle. (mg)	Acétylméthyl-carbinol. (mg)
16 juin	Crème	2,25	176,7
	Beurre	1,13	23,4
	Babeurre	4,32	198,1
23 juin	Crème	1,92	95,2
	Beurre	1,50	42,4
	Babeurre	3,10	195,3

Le diacétyle naturel des beurres semble disparaître assez rapidement, soit par volatilisation, soit par réduction en acétylméthylcarbinol ou sous une autre forme. Des dosages échelonnés, effectués sur une même motte de beurre conservée dans une cave fraîche, donnèrent, par kilogramme :

	Diacétyle. (mg)	Acétylméthyl-carbinol. (mg)
Le lendemain du barattage	1,50	42,4
Après 5 jours	0,60	–
Après 18 jours	0,13	–
Après 27 jours	0,05	20,4

Cette constatation présente une assez grande importance du point de vue spécial de la répression des fraudes.

Il serait utile de posséder des documents du même genre pour nos diverses régions laitières et beurrières.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 SEPTEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un fascicule intitulé Henry Le Chatelier. *Discours prononcés à la séance solennelle du 24 avril* 1937.

Notice nécrologique sur Albert Heim, par M. **Charles Jacob.**

Avec Albert Heim disparaît l'une des plus grandes figures de la géologie alpine.

Né le 12 avril 1849, à Zurich, il y a passé toute sa vie et y est mort le 31 août dernier.

Ses études avaient été poursuivies à l'Université et à l'École polytechnique fédérale, avec des semestres à Berlin. En 1873, à l'âge exceptionnel de 24 ans, il était nommé professeur à l'École Polytechnique et, en 1875, professeur à l'Université. Il a gardé ces deux chaires jusqu'en 1912, c'est-à-dire pendant près de quarante ans. Entre temps, de 1872 à 1902, il eut l'occasion d'effectuer de grands voyages au Vésuve, en Sicile, en Norvège, au Caucase, en Australie et jusqu'en Nouvelle-Zélande.

Son œuvre est fondamentale. On peut d'abord retenir un premier ouvrage paru en 1878, *Ueber den Mecanismus der Gebirgsbildung*, conclusion déjà de longues études sur l'Est des Alpes suisses. A l'aurore des grandes synthèses d'Eduard Suess, puis de Marcel Bertrand, il insiste sur l'importance des mouvements tangentiels; il les décrit jusqu'à des détails lithologiques et il souligne la passivité des massifs éruptifs à une époque où l'on se dégageait à peine de la théorie des soulèvements. En 1888, avec Em. de

Margerie, il donne, en trois langues, un *Essai de nomenclature des dislocations de l'écorce terrestre*, auquel il est toujours prudent de se reporter pour éviter de forger inutilement des mots nouveaux quant à des accidents depuis longtemps reconnus. Viennent ensuite de beaux mémoires : le premier, en 1891, avec Carl Schmidt, où il revient sur *les Hautes-Alpes entre la Reuss et le Rhin;* le second, en 1905, avec Marie Jerosch, Arn. Heim et Ernst Blumer, sur *le Säntis*. Le couronnement de l'édifice est fourni par sa *Geologie der Schweiz*, parue en trois gros volumes de 1919 à 1922. Historique des travaux, pétrographie, stratigraphie et tectonique, rien n'est négligé dans cette sorte d'encyclopédie, telle qu'on voudrait en posséder dans tous les pays.

Président de la Commission géologique suisse, il a été appelé bien souvent à donner son avis, notamment sur les grands tunnels alpins, les tremblements de terre et aussi sur les glissements parfois catastrophiques de terrains. Alpiniste fervent, il a fourni, en 1885, un excellent *Handbuch der Gletscherkunde*.

Il faut ajouter enfin qu'à la précision et à la clarté qui caractérisent ses travaux et qui ont fait aussi sa renommée de professeur, Albert Heim joignait un incomparable talent de dessinateur : ses cartes, ses profils, ses panoramas, les beaux reliefs qu'il a coloriés, celui du Säntis en particulier, sont des modèles du genre. A ce titre, comme à bien d'autres, il a marqué de sa forte empreinte l'orientation de l'école géologique suisse qui l'a pendant longtemps reconnu comme son chef respecté.

Après l'achèvement de son ouvrage sur la Suisse, il s'était retiré de la vie scientifique active, mais la pensée de ce beau vieillard est restée lucide jusqu'au dernier jour, ainsi qu'en témoignent des lettres qu'il écrivait récemment.

L'Académie l'avait élu Correspondant pour la Section de Minéralogie le 26 février 1906 en remplacement du baron F. de Richthofen. Elle tient à adresser des condoléances émues à sa famille, notamment à son fils, Arnold Heim, géologue lui-même et digne du nom qu'il porte.

PHYSIOLOGIE. — *L'isochronisme comme condition de la transmission intercellulaire de l'excitation.* Note de M. Louis Lapicque.

L'importance d'un accord chronologique pour la transmission de l'excitation entre deux éléments anatomiques m'était apparue dès nos

premières mesures de chronaxie sur le complexe muscle strié-nerf volontaire. C'était une idée entièrement neuve, mais conforme aux lois générales de la mécanique, notamment par analogie avec la résonance. J'avoue que je l'accueillis avec complaisance, même avant de m'être entièrement convaincu de l'isochronisme neuro-musculaire; tout en poursuivant, sur ce fait empirique, les contrôles expérimentaux qui, d'année en année, lui ont apporté vérification sur vérification [1], j'examinais le principe sous son aspect général, en vue de l'appliquer à la théorie du système nerveux.

Je tiens à souligner qu'à aucun moment je ne me suis contenté de l'analogie superficielle avec la résonance. Avant de rien publier, laissant pendant ce temps l'idée théorique sous pli cacheté [2], j'ai comparé expérimentalement, sur des nerfs de rapidité différente, les conditions d'efficacité d'ondes électriques *isolées* de durée variable, mais de forme chronologique semblable, avec un maximum atteint en un temps proportionnel à la durée totale [3]. Commencée avec un orthorhéonome, cette recherche, poursuivie plus commodément avec le double condensateur, a donné le résultat suivant qui avait été prévu d'après les lois générales de l'excitation : *l'intensité liminaire passe par un minimum pour une durée qui varie proportionnellement à la chronaxie du nerf excité* [4]. Ceci est un résultat capital qui m'a permis, dès cette époque, de considérer *a priori* l'isochronisme comme la condition la plus favorable au passage de l'excitation et par conséquent, comme la condition nécessaire si l'intensité de l'influx excitant atteint juste ce minimum. Il reste la base de la théorie de l'isochronisme, après avoir été confirmé et éclairé par diverses recherches postérieures.

En 1934, Wyss retrouve et précise la loi d'excitation par double condensateur; la courbe des intensités liminaires en fonction du logarithme de la durée est symétrique par rapport au minimum qui devient ainsi très net; il se produit pour une durée de la phase ascendante égale à 8 à 10 chronaxies, c'est-à-dire au *temps utile* du courant constant rhéobasique [5].

Le courant sinusoïdal (Coppée, 1934) donne une relation analogue; le minimum se place au point où la période dure 40 chronaxies [6]; cela fait

---

(1) Voir ma Note précédente, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 502.
(2) *C. R. Soc. de Biol.*, 63, 1907, p. 787.
(3) *C. R. Soc. de Biol.*, 64, 1908, p. 6.
(4) *C. R. Soc. de Biol.*, 64, 1908, p. 336 et 589.
(5) *Arch. de Pflüger*, 233, 1934, p. 754.
(6) *Arch. int. Physiol.*, 38, 1934, p. 239.

un quart de période pour 10 chronaxies, résultat qui offre un rapprochement curieux avec le précédent. Plus récemment (1936), Hill, Solandt et Katz ([7]) ont publié une série d'expériences confirmant entièrement les résultats de Coppée; la chronaxie n'a pas été mesurée, mais les données des auteurs permettent de la calculer; sur presque toutes les expériences que j'ai calculées ainsi, la période optima est voisine de 40 chronaxies.

D'autre part, on peut retrouver la même relation en physique pure, entre deux circuits électriques donnant des ondes isolées, entièrement amorties. Or cette relation est exactement celle de la résonance; toutefois, pour réserver au terme *résonance* son sens propre, il convient, avec A. M. Monnier, qui a étudié en détail cet accord entre ondes amorties, d'appeler celui-ci *pararésonance* ([8]). La pararésonance, ainsi élucidée, rend compte facilement du rôle de l'isochronisme. Mais M. Hill trouvait cette théorie trop simple. Il était choqué, m'a-t-il semblé, par l'idée que deux chronaxies puissent conditionner le passage de l'excitation; telle est bien l'expression que j'ai donnée de mes résultats; elle les traduit de la façon la plus directe, et peut, en tout cas, être maintenue comme constatation de fait; mais évidemment la condition paraît singulière si l'on conçoit la chronaxie seulement comme un paramètre d'excitabilité. Dans diverses autres circonstances, j'avais déjà eu le regret de constater qu'on se méprend facilement sur le sens du mot chronaxie. Il s'agit d'un temps physiologique propre à chaque cellule et régissant tous ses processus; la chronaxie, au sens strict, n'est qu'une mesure particulière de ce temps physiologique. Pour notre question actuelle, la chronaxie, au sens large, comprend, par définition, l'influx nerveux et le processus, quel qu'il soit, par lequel cet influx excite l'élément suivant. Il est bien entendu que cette affirmation doctrinale est, non pas un *credo*, comme M. Hill me le disait plaisamment, mais une généralisation de faits connus, à vérifier expérimentalement dans chaque cas. Ainsi, la théorie n'est nullement choquante, et nous en avons convenu facilement.

D'autre part, M. Hill désirait y voir l'amplitude (intensité de l'influx et rhéobase du deuxième élément) figurant au même titre que la durée. Il a bien voulu me tracer, de sa main, le plan de la théorie telle qu'elle devait se présenter pour lui paraître logique. Voici ce plan, non pas textuel, mais fidèlement paraphrasé : « Il y a trois facteurs, réglés chacun en ampli-

---

([7]) *Proc. Roy. Soc.*, B, 121, 1936, p. 74.
([8]) *L'excitation électrique des tissus*, Paris, 1934.

tude A et en durée T ([9]) : 1° excitabilité du nerf; 2° influx nerveux; 3° excitabilité du muscle. Si $T_1 = T_2$, on aura $T_2 = T_3$ lorsque $T_1 = T_3$. Ceci sera la condition du passage *seulement* si A_2 est juste égal ou à peine supérieur à A_3. La curarisation peut se produire ou disparaître aussi bien par un changement d'amplitude que par un changement de durée ».

Je n'ai absolument rien à objecter; cette forme quasimathématique traduit parfaitement ma théorie. Je reconnais que, insistant sur l'aspect *durée* qui était nouveau, je n'ai pas toujours explicité assez nettement le rôle de l'*amplitude;* mais ce rôle était impliqué dans la conception de la pararésonance; dès le début, je l'ai indiqué clairement ([10]); et récemment, j'ai invoqué l'élévation de la rhéobase musculaire comme mécanisme de la curarisation dans deux exemples concrets ([11]). Ceci n'enlève rien à l'importance de la durée, qui pratiquement est prédominante. Notamment la curarisation par la strychnine ne peut pas être rapportée à une diminution d'amplitude de l'influx nerveux, car alors on ne comprendrait plus que cette substance puisse décurariser après pilocarpine.

J'avoue ne posséder que des indications assez vagues sur le rapport des amplitudes A_2 et A_3; mais le fait que l'hétérochronisme entraîne la curarisation montre que la condition postulée est réalisée; suivant qu'elle le sera plus ou moins exactement, la marge d'hétérochronisme compatible avec la transmission sera plus ou moins grande, comme on le voit dans des expériences diverses.

Il y a une difficulté plus aiguë sur la vérification du rapport de T_1 à T_2. Mon hypothèse primitive considère l'onde de négativité nerveuse comme agissant par elle-même à la manière de nos stimuli électriques artificiels. En fait, la durée de cette onde varie bien comme la chronaxie, de multiples travaux récents ont confirmé à cet égard les quelques données que j'avais d'abord trouvées dans la science; mais il s'est précisé aussi que cette durée

([9]) M. Hill insiste pour qu'il soit bien entendu que sa conception personnelle (*Proc. Roy. Soc.*, B, **119**, 1936, p. 305) exigerait dans chaque cas, non pas une durée simple, mais deux constantes de temps; le présent exposé, dit-il, serait ainsi plus complexe, mais encore possible; la simplification ici admise suppose un même rapport entre les deux constantes pour les trois facteurs. Il ajoute qu'il ne voit aucun inconvénient à ce que je mentionne mon opposition radicale à sa conception de deux constantes de temps indépendantes.

([10]) « Il résulte nécessairement des données ci-dessus que, si cette onde est liminaire, elle se transmettra seulement dans l'élément homochrone » (*C. R. Soc de Biol.*, **63**, 1907, p. 789).

([11]) *C. R. Soc. de Biol.*, **114**, 1933, p. 513, et **123**, 1936, p. 391.

est nettement plus courte que la durée optimale des ondes électriques instrumentales. Personne ne m'a jamais objecté ce fait, que j'ai de moi-même signalé à Hill. Néanmoins je reconnais que sur ce point ma théorie est trop simple, et qu'il faudra la compléter. Peut-être est-ce là que prendra place l'intermédiaire chimique; peut-être l'onde de négativité, qui a toujours été enregistrée dans le cours d'un trajet nerveux, serait-elle plus étalée dans l'arborisation terminale. Quoi qu'il en soit, c'est simplement une lacune dans l'explication presque complète de faits expérimentalement établis, qui subsistent, et pour lesquels on n'a fourni jusqu'ici aucune autre explication valable. La théorie de l'intermédiaire chimique présente des lacunes autrement nombreuses et graves. Je suis convaincu qu'il est nécessaire de combiner les deux théories, dont chacune possède sa propre série de démonstrations, comme me l'a écrit Sir Henry Dale.

D'ailleurs le rôle du temps dans l'excitation et la transmission n'est nullement lié à la nature électrique des phénomènes. La chronaxie et l'isochronisme sont des données quantitatives indépendantes de toute hypothèse; à côté de leur pouvoir explicatif, très large, sinon sans limites, ces notions prises en elles-mêmes ont eu le mérite d'ouvrir des directions de recherches nouvelles dont la fécondité n'est pas encore épuisée.

NOMINATIONS.

MM. E. **Jouguet**, A. **Caquot**, G. **Claude** sont désignés pour représenter l'Académie aux cérémonies du *Centenaire de la fondation de l'École des Mines de Liége*.

M. A. **Béhal** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du 20e anniversaire de la fondation de la *Société de Chimie industrielle*, le 30 septembre 1937.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Valérian Agafonoff. *Sols types de Tunisie*.

2° *The First Hundred Years of the Geological Survey of Great Britain*, by Sir John Smith Flett.

3° Maurice Lenglen. *Lavoisier agronome*.

4° Maurice Lenglen. *A propos d'une lettre inédite de J.-B. Dumas*.

CALCUL DES PROBABILITÉS ET ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelle contribution à l'arithmétique des produits de lois de Poisson*. Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Désignons par $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_p$ des constantes réelles linéairement indépendantes, et par E l'ensemble des nombres $\zeta = \Sigma h_i \tau_i$, les h_i étant des entiers quelconques que nous appellerons les composantes de ζ. Soit Z une variable aléatoire dépendant d'une loi $\mathcal{L}$ qui définisse une répartition de la probabilité dans E; on peut la définir, soit par sa fonction génératrice $F(x)$, valeur probable de x^Z, soit par celle de la loi à p variables dont dépendent les composantes de Z. Nous appellerons cette fonction de p variables *la fonction génératrice uniformisée* de la loi $\mathcal{L}$; elle *rend*, pour l'étude de la répartition de la probabilité dans E, les mêmes services que $F(x)$ dans le cas où toutes les valeurs possibles de Z sont entières. L'extension dans cet ordre d'idées d'un raisonnement dû à M. Khintchine conduit notamment au théorème suivant :

Lemme fondamental. — *Si une loi $\mathcal{L}$ a une fonction génératrice de la forme*

$$F(x) = x^c e^{P(x)-P(1)} \qquad \left[P(x) = \sum_1^N a_k x^{\sigma_k} \right],$$

il en est de même de tous ses diviseurs.

Si tous les a_k sont positifs, $\mathcal{L}$ est le produit de N lois de Poisson. Ce lemme ramène donc l'étude des diviseurs d'un tel produit, et notamment celle des conditions d'existence de diviseurs indécomposables, à celle du problème d'analyse suivant, que j'ai résolu antérieurement dans le cas où $P(x)$ est un polynome ([1]) :

Problème fondamental. — *Définir les conditions que doit vérifier* $P(x)$ *pour que la série de puissances* (dont les exposants appartiennent à un ensemble du type E) *qui représente* $F(x)$ *ait tous ses coefficients non négatifs.*

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 944 et 1156.

Indiquons quelques conditions nécessaires, où les a_k n'interviennent que par leurs signes.

CONDITION $\mathfrak{A}_0$. — *A tout* $\sigma = \sigma_n$ *correspondant à un* a_n *négatif correspondent des exposants* $\sigma', \sigma'', \ldots$, *de termes de* $P(x)$ *à coefficients positifs, tels que* σ'/σ, σ''/σ, $\ldots$, *soient* > 1, *et que* σ *soit de la forme* $h'\sigma' + h''\sigma'' + \ldots$, $h', h'', \ldots$ *étant des entiers* (de signes quelconques).

CONDITION $\mathfrak{A}$ (ne se distinguant pas de $\mathfrak{A}_0$ si tous les σ_k ont un diviseur commun). — *La condition* $\mathfrak{A}_0$ *reste vérifiée si les* σ_k *varient, cette variation étant soumise à la seule restriction de conserver les relations de la forme* $\Sigma h_k \sigma_k = 0$ (les h_k étant entiers) *qui existent entre ces exposants et de n'en ajouter aucune.*

Ainsi, α étant positif,

$$P(x) = a x^{1-2\alpha} + b x^{1-\alpha} - x + x^{1+\alpha} + x^{1+2\alpha}$$

vérifie toujours la condition $\mathfrak{A}_0$; il ne vérifie $\mathfrak{A}$ que si α est rationnel ou si a et b sont positifs.

CONDITION $\mathfrak{B}$. — *Tout* $\sigma = \sigma_n$ *correspondant à un* a_n *négatif admet une représentation* (autre que $\sigma = \sigma$) *par la forme* $h'\sigma' + h''\sigma'' + \ldots$, $\sigma', \sigma'', \ldots$ *étant des exposants de termes non nuls de* $P(x)$ *et* $h', h'', \ldots$ *des entiers positifs.*

Je pense revenir sur le cas général; étudions maintenant un cas particulier.

2. CAS OÙ TOUS LES σ_k SONT ENTIERS. — Nous poserons ici :

$$P(x) = \Sigma a_k x^k \qquad (k = -N', -N'+1, \ldots, N;\ a_0 = 0),$$

et désignerons respectivement par δ' et δ'' les p. g. c. d. des exposants négatifs et positifs figurant dans $P(x)$ avec des coefficients non nuls.

CONDITION NÉCESSAIRE $\mathfrak{C}$. — Tout n tel que $a_n < 0$ est représentable par la forme $h\delta_n + h'n' + h''n'' + \ldots$, δ_n désignant δ' si $n > 0$ et δ'' si $n < 0$, $n', n'', \ldots$ étant compris entre 0 et n et étant des degrés de termes non nuls de $P(x)$, et $h, h', h'', \ldots$ étant des entiers non négatifs [δ' et δ'' sont > 0; si $P(x)$ est un polynome, $h\delta'$ ne peut représenter que zéro].

THÉORÈME 1. — *Si les conditions nécessaires* $\mathfrak{A}$ *et* $\mathfrak{C}$ *sont vérifiées, la condition nécessaire et suffisante pour le problème fondamental est que les coefficients négatifs de* $P(x)$ *soient assez petits* (en supposant que ces coefficients négatifs varient proportionnellement à un paramètre λ, les autres restant fixes, cette condition prend la forme $\lambda \leq \lambda'$, λ' étant un nombre positif fini).

THÉORÈME 2. — *La condition nécessaire et suffisante pour que la loi* $\mathfrak{L}$

définie par P(x) *soit indécomposable ou admette des diviseurs indécomposables est que* P(x) *ait au moins un coefficient négatif, ou qui, initialement positif ou nul, puisse être rendu négatif sans que les conditions* $\mathcal{A}$ *et* $\mathcal{C}$ *cessent d'être vérifiées.*

Remarques. — $\mathcal{C}$ entraîne $\mathcal{B}$; si P(x) est un polynome, $\mathcal{C}$ se réduit à $\mathcal{B}$ et ces énoncés se réduisent à ceux de mes Notes antérieures. Si $\delta' = \delta'' = 1$, $\mathcal{C}$ est identiquemenf vérifié, et il n'y a qu'à tenir compte de $\mathcal{A}$ [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence de fonctions associées aux solutions des systèmes complètement intégrables d'équations aux différentielles totales à coefficients linéaires.* Note [1] de M. **Rodolphe-Henri Germay.**

La méthode de M. Nikliborc [2], appliquée aux systèmes d'équations aux différentielles totales complètement intégrables

$$(1)\qquad dz_j = \sum_{k=1}^{k=n} a_{jk}(x_1, \ldots, x_n; z_1, \ldots, z_m)\, dx_k \qquad (j = 1, \ldots, m),$$

ramène la recherche de leurs intégrales s'annulant pour $x_1 = \ldots = x_n = 0$ à celle des solutions des équations intégrales

$$(2)\qquad z_j(x_1, \ldots, x_n) = \int_0^1 \sum_{k=1}^{n} \{ x_k a_{jk}[tx_1, \ldots, tx_n; z_1(tx_1, \ldots, tx_n), \ldots, z_m(tx_1, \ldots, tx_n)] \}\, dt,$$

satisfaisant aux mêmes conditions initiales.

---

(1) J'ai omis, dans la bibliographie de mon récent livre sur *l'addition des variables aléatoires*, le Mémoire de M. H. Steinhaus, *Les probabilités dénombrables...* (*Fundamenta mathematicae*, 4, 1923, p. 286-310). Au paragraphe 2 de ce Mémoire, l'auteur, traduisant en langage de calcul des probabilités des théorèmes de M. Burstin et de M. Rademacher, se trouve énoncer le corollaire 46,1 et un cas particulier du théorème 47 de mon Livre, et cela à une date où la théorie des probabilités dénombrables était encore dans son enfance.

(1) Séance du 20 septembre 1937.

(2) W. Nikliborc, *Studia mathematica*, 1, 1929, p. 41-49.

Supposons que les a_{jk} soient de la forme

(3) $$a_{jk} = A_{jk}^{(1)}(x_1, \ldots, x_n) z_1 + \ldots + A_{jk}^{(m)}(x_1, \ldots, x_n) z_m + A_{jk}^{(0)}(x_1, \ldots, x_n).$$

Au lieu des équations (2) écrites en détaillant les valeurs des a_{jk}, considérons les équations plus générales

(4) $$z_j(x_1, \ldots, x_n) = \lambda \int_0^1 \sum_{k=1}^{k=n} \left\{ x_k \left[\sum_{s=1}^{s=m} A_{jk}^{(s)}(tx_1, \ldots, tx_n) z_s(tx_1, \ldots, tx_n) + A_{jk}^{(0)}(tx_1, \ldots, tx_n) \right] \right\} dt,$$

où λ est un paramètre qu'on fera égal à l'unité pour retrouver les équations données. Imitons la méthode d'approximations successives imaginée par M. É. Picard pour l'intégration de l'équation aux dérivées partielles du second ordre, de forme linéaire et du type hyperbolique ([3]), et cherchons à satisfaire formellement aux équations (4) par des séries

(5) $$z_j = z_{j0}(x_1, \ldots, x_n) + \lambda z_{j1}(x_1, \ldots, x_n) + \ldots + \lambda^k z_{jk}(x_1, \ldots, x_n) + \ldots.$$

Moyennant les conditions initiales données, on trouve

(6) $$\left\{ \begin{array}{l} z_{j0} = 0, \quad z_{j1} = \displaystyle\int_0^1 \sum_{k=1}^{k=n} [x_k A_{jk}^{(0)}(tx_1, \ldots, tx_n)]\, dt, \\ z_{j,\mu+1} = \displaystyle\int_0^1 \left\{ \begin{array}{l} \left[\displaystyle\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{jk}^{(1)}(tx_1, \ldots, tx_n) \right] z_{1,\mu}(tx_1, \ldots, tx_n) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ + \left[\displaystyle\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{jk}^{(m)}(tx_1, \ldots, tx_n) \right] z_{m,\mu}(tx_1, \ldots, tx_n) \end{array} \right\} dt. \end{array} \right.$$

Désignons par M_{jk} des nombres positifs fixes supérieurs aux modules des fonctions continues $A_{jk}^{(s)}(j, s = 1, \ldots, m;\ k = 1, \ldots, n)$. Représentons par M la plus grande des sommes

(7) $$M_{11} + \ldots + M_{m1}, \quad \ldots, \quad M_{1n} + \ldots + M_{mn}.$$

On établit de proche en proche que

(8) $$\sum_{j=1}^{j=m} |z_{j,\mu}(x_1, \ldots, x_n)| < M^{\mu} \frac{[|x_1| + \ldots + |x_n|]^{\mu}}{\mu!}.$$

([3]) É. Picard, *Journal de Mathématiques*, 4e série, 6, 1890, p. 145-210.

Les séries (5) convergent effectivement et représentent les solutions des équations (4) s'annulant en $x_1 = \ldots = x_n = 0$.

Par application de la formule de Dirichlet, on trouve que les fonctions $z_{j,\mu}(x_1, \ldots, x_n)$ s'écrivent sous la forme

$$(9)\quad z_{j,\mu}(x_1, \ldots, x_n) = \int_0^1 \left\{ \begin{array}{l} \left[\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{1k}^{(0)}(tx_1, \ldots, tx_n) \right] g_{j,\mu}^{(1)}(x_1, \ldots, x_n; t) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ + \left[\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{mk}^{(0)}(tx_1, \ldots, tx_n) \right] g_{j,\mu}^{(m)}(x_1, \ldots, x_n; t) \end{array} \right\} dt.$$

Les fonctions $g_{j,\mu}^{(s)}(x_1, \ldots, x_u; t)$ se déterminent de proche en proche par les formules récurrentes

$$(10)\quad \left\{ \begin{array}{l} g_{j,\mu+1}^{(s)}(x_1, \ldots, x_n; t) = \displaystyle\int_0^1 \left\{ \begin{array}{l} \left[\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{jk}^{(1)}(ux_1, \ldots, ux_n) \right] g_{1,\mu}^{(s)}\left(ux_1, \ldots, ux_n; \frac{t}{u}\right) \\ + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ + \left[\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{jk}^{(m)}(ux_1, \ldots, ux_n) \right] g_{m,\mu}^{(s)}\left(ux_1, \ldots, ux_n; \frac{t}{u}\right) \end{array} \right\} du, \\ \qquad (j, s = 1, 2, \ldots, m), \end{array} \right.$$

moyennant les valeurs initiales

$$(11)\quad g_{11}^{(1)} = 1,\quad g_{11}^{(2)} = 0,\quad \ldots,\quad g_{11}^{(m)} = 0;\quad \ldots,\quad g_{m1}^{(1)} = 0,\quad g_{m1}^{(2)} = 0,\quad \ldots,\quad g_{m1}^{(m)} = 1.$$

On montre que

$$(12)\quad |g_{1,\mu}^{(s)}| + \ldots + |g_{m,\mu}^{(s)}| < M^{\mu} \frac{[|x_1| + \ldots + |x_n|]^{\mu}}{\mu!}.$$

Les séries

$$(13)\quad G_j^{(s)}(x_1, \ldots, x_n; t; \lambda) = \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \lambda^{\mu} g_{j\mu}^{(s)}(x_1, \ldots, x_n; t)$$

convergent uniformément et les solutions des équations (4) s'écrivent

$$(14)\quad z_j(x_1, \ldots, x_n) = \int_0^1 \left\{ \begin{array}{l} \left[\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{jk}^{(0)}(tx_1, \ldots, tx_n) \right] G_j^{(1)}(x_1, \ldots, x_n; t; \lambda) \\ + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ + \left[\sum_{k=1}^{k=n} x_k A_{mk}^{(0)}(tx_1, \ldots, tx_n) \right] G_j^{(m)}(x_1, \ldots, x_n; t; \lambda) \end{array} \right\} dt.$$

Les fonctions $G_j^{(s)}$ jouent ici un rôle analogue à celui de la fonction de Riemann dans l'intégration de l'équation aux dérivées partielles mentionnée plus haut.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La composition de l'électron et l'énergie de fixation.* Note [1] de M. **Santiago Antunez de Mayolo**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré [2] que, pour la matérialisation d'un photon en électron, il doit y avoir une certaine vitesse critique u_0 minima, qui divisée par sa vitesse maxima c dans le vide est la constante α de structure fine. Examinons à présent quelle est la cause du ralentissement de la vitesse d'un tel photon jusqu'à la vitesse critique de matérialisation.

Selon la formule d'Einstein, un électron en repos de masse m_0 possède une énergie latente m_0c^2, ce qui correspond dans la dynamique relativistique de l'électron au rayon

$$l = \frac{e^2}{m_0 c^2}, \tag{1}$$

que nous avons trouvé [2] correspondre au rayon du photon de vitesse critique u_0 qui se matérialise en électron.

La théorie électromagnétique donne comme rayon de l'électron

$$r = \frac{2}{3}\frac{e^2}{m_0 c^2}. \tag{2}$$

La différence de valeurs entre l relativistique et r électromagnétique n'a encore jamais pu être expliquée d'une manière satisfaisante. La raison de la différence soulignée réside dans ce fait fondamental : l'électron, qui est un corpuscule matériel, n'est pas seulement de nature électrique ; il contient un noyau d'un élément neutre, qui n'est pas électrique et sert pour assurer la stabilité du corpuscule contre la répulsion électrostatique. Ainsi l'énergie latente de l'électron se compose de deux parties : l'une $3m_0c^2/4$ correspond à l'énergie de nature électrique, et le reste $m_0c^2/4$ à l'énergie de fixation du corpuscule et qui apparaît comme masse du neutre nucléaire sans action électrique extérieure, comme nous le verrons plus loin.

---

[1] Séance du 20 septembre 1937.

[2] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 360.

En général, pour qu'un photon se matérialise, il doit avoir au moins la même masse dans le vide que la somme des masses des corpuscules qui en résultent. Nous allons raisonner en tenant compte seulement de l'énergie nécessaire pour la formation de l'électron, soit $h\nu = m_0c^2$. Écrivons

(3) $$m_0c^2 = \frac{3}{4}m_0c^2 + \frac{1}{4}m_0c^2.$$

Si nous égalons l'énergie $3m_0c^2/4$ avec l'énergie $e^2/2r$ qui, d'après la loi de Coulomb électrostatique, aurait une charge e distribuée uniformément sur une sphère de neutre nucléaire de rayon r, nous déduisons pour le rayon r justement la formule (2) électromagnétique. En comparant les rayons l et r nous voyons que $r = 2l/3$, donc en fonction de l la formule (3) devient

(4) $$m_0c^2 = \frac{3}{4}\frac{e^2}{l} + \frac{1}{4}m_0c^2,$$

et puisque, d'après la formule (1) $m_0c^2l = e^2$, il en résulte l'identité

(5) $$e^2 = \frac{3}{4}e^2 + \frac{1}{4}e^2 = e^2.$$

Cette identité montre qu'effectivement, en dehors de l'énergie électromagnétique $3e^2/4l$, il faut tenir compte de l'énergie de fixation du corpuscule et dont le coefficient inertial est justement celui qui correspond à la masse $m_0/4$ du noyau de rayon r. On comprend aussi immédiatement par l'englobement du neutre nucléaire, la raison du ralentissement de la vitesse du photon qui se matérialise. Comme vérification nous allons déduire de (3) le coefficient α de structure fine et pour cela soit $h\nu = m_0c^2$:

(6) $$h\nu = \frac{e^2}{2r} + \frac{1}{4}h\nu.$$

Donc $3h\nu/4 = e^2/2r$ et, puisque $\nu = c/2\pi\rho_1$, appelant $\rho_1 = h/2\pi m_0c$, le rayon de tel photon dans le vide est

(7) $$\alpha = \frac{3r}{2\rho_1} = \frac{2\pi e^2}{hc}.$$

Nous vérifions ainsi que $3r/2 = l$, donc $\alpha = l/\rho_1$.

Quand l'électron se dématérialise — ce qui arriverait pour une vitesse interne de rotation $> u_0$ — le noyau en s'expandant doit faire réapparaître l'énergie absorbée pour la fixation du corpuscule, de manière que le photon

résultant ait la même énergie que celle de matérialisation. Cette conclusion est inévitable tant que l'on admet le principe de la conservation de l'énergie. Ainsi, l'élément neutre, véritable substratum de la matière, jouerait un rôle étrange pas soupçonné : la matérialisation, avec formation du noyau, absorbe l'énergie rayonnante comme un gaz qui se comprime; et la dématérialisation, avec destruction partielle ou totale du noyau, restitue l'énergie absorbée comme un gaz qui se dilate, et toujours dans tous les corpuscules l'énergie de fixation se trouverait mesurée par la masse du neutre nucléaire. Les deux parties de l'énergie latente W seraient : E électrique et N de fixation ($W = E + N$), et varieraient selon les corpuscules pouvant manquer l'une ($N = O$ pour le photon dans le vide, et $E = O$ pour le neutron). Ainsi grâce à la fonction du neutre nucléaire comme mesure de l'énergie de fixation de corpuscule, devient intelligible physiquement et non seulement mathématiquement, l'énergie latente relativistique et son équivalence avec l'énergie rayonnante.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure à distance de l'état électrique de la surface des corps isolants.* Note [1] de MM. **Pierre Dupin** et **Louis Sacré**, transmise par M. Charles Camichel.

L'étude de certaines perturbations constatées lors du fonctionnement d'appareils amplificateurs de grande sensibilité nous a montré que ces perturbations étaient dues à la présence d'isolants voisins.

Afin d'étudier ces phénomènes, nous avons construit un appareil dont le principe est le suivant :

Tout corps électrisé crée autour de lui un champ électrique dont la répartition dépend de la forme du corps, de sa charge et de la présence des masses environnantes. Si l'on crée une perturbation périodique, par exemple par le déplacement d'une masse métallique au potentiel zéro, les lignes de force du champ se trouvent modifiées et le potentiel d'une électrode, placée en un point quelconque, varie avec la fréquence de la perturbation. Cette électrode étant reliée à un dispositif amplificateur, on peut, en mesurant la tension de sortie, connaître la tension d'entrée. De plus, si l'on remplace l'isolant étudié par une masse métallique de même forme, dont on peut faire varier le potentiel par rapport au sol, il est facile,

---

[1] Séance du 20 septembre 1937.

par comparaison, d'obtenir une mesure de l'électrisation moyenne du corps isolant.

Pratiquement, nous avons créé la perturbation soit à l'aide d'un disque percé de trous, soit au moyen d'une masse dentée, tournant à grande vitesse à proximité de l'électrode reliée à l'amplificateur. Nous avons aussi utilisé une tige cylindrique métallique vibrant dans le champ et constituant elle-même l'électrode de mesure.

On voit qu'avec un tel dispositif, il n'existe aucune liaison entre l'appareil de mesure et le corps dont on désire étudier l'électrisation. On réalise ainsi un télé-électromètre qui ne peut perturber d'une façon sensible le corps isolant. Sa sensibilité peut d'ailleurs varier, très facilement, dans de grandes limites et permettre d'effectuer rapidement les mesures les plus diverses.

Nous avons pu à l'aide de cet appareil faire, en particulier, les constatations suivantes :

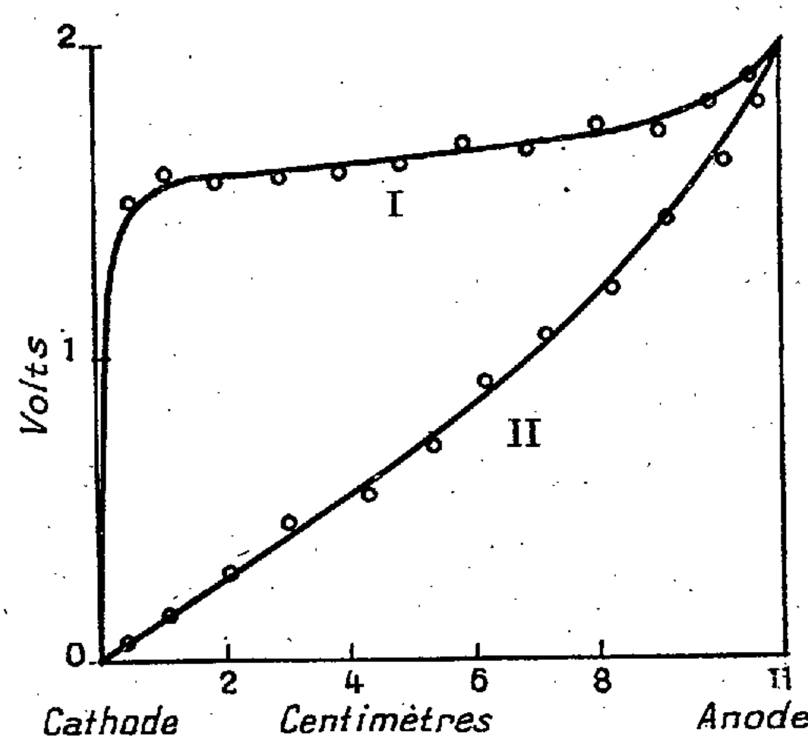
Les corps isolants sont toujours plus ou moins électrisés et cette électrisation peut donner lieu, pour certains d'entre eux, à des phénomènes non négligeables. Il en est ainsi pour le caoutchouc, corps essentiellement déformable. Nous avons examiné différents échantillons de ce corps découpés en forme de disque de 5^{cm} de diamètre et de 4^{mm} d'épaisseur et nous avons pu constater que le potentiel moyen pouvait passer de quelques volts à plusieurs centaines de volts dès qu'ils étaient légèrement agités ou frottés. Les résultats sont d'ailleurs variables suivant l'état de la surface et la nature de l'échantillon.

On voit donc que, dans bien des cas, la présence d'isolants peut être la cause de perturbations dans le fonctionnement de certains appareils, et qu'il est nécessaire de prendre des précautions convenables lorsque l'on utilise des amplificateurs à lampes à grande amplification ou lorsque l'on effectue des mesures sur les diélectriques.

Enfin, lorsqu'on voit l'importance des tensions apparaissant à la surface d'une lame de caoutchouc frottée ou agitée (de l'ordre d'un millier de volts), on peut se demander si le *bain électrique* auquel sont soumises des personnes portant des vêtements caoutchoutés n'a pas sur elles une influence bonne ou mauvaise.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la présence d'iode dissous dans l'iodure de potassium aqueux et les propriétés électriques du milieu.* Note (¹) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

La présence d'iode dissous dans l'iodure de potassium aqueux a été reconnue agir dans le sens d'un abaissement de la conductivité électrique du milieu, d'après les recherches de Le Blanc et Noyes (²), Burgess et Chapman (³), Bray et Mac Kay (⁴). Les présentes études à l'électromètre ont révélé, d'autre part, que le même facteur influence encore de manière très nette la distribution de potentiel qui s'établit dans le milieu sous tension.



Distribution du potentiel.
I, IK aqueux saturé exempt d'iode; II, IK aqueux saturé contenant de l'iode à saturation.

La tension est appliquée entre anode et cathode de platine, dans une cuve de verre longue et étroite jalonnée d'électrodes-sondes de platine en des points repérés. Les mesures de gradient de potentiel, au niveau de chaque électrode-sonde, restent significatives autant qu'elles ne sont pas perturbées par des effets Volta parasites, c'est-à-dire autant que le bain n'est pas encore souillé par les produits de dissociation. Il importe alors d'opérer

(¹) Séance du 2 août 1937.
(²) *Z. f. phys. Chem.*, 6, 1890, p. 385.
(³) *J. Chem. Soc.*, 85, 1904, p. 1305.
(⁴) *J. Am. Chem. Soc.*, 32, 1910. p. 914.

aussi promptement que possible, et en ayant eu soin d'imposer à la cuve une agitation préalable.

La courbe I de la figure a été tout d'abord obtenue avec une solution aqueuse saturée d'iodure de potassium exempte d'iode, soumise à une tension de 2 volts appliquée entre électrodes terminales distantes de 11^{cm}. Les mesures sont pratiquées dès avant toute apparition d'iode à l'anode. Au voisinage immédiat des électrodes se manifestent des sauts de potentiel inégaux ; le saut cathodique est beaucoup plus prononcé que le saut anodique, tandis que dans l'intervalle intermédiaire, on trouve un petit gradient de potentiel sensiblement ohmique.

Si maintenant, dans des conditions expérimentales analogues, la même solution contient une quantité suffisante d'iode dissous, la distribution de potentiel qu'elle fournit cesse d'offrir les mêmes particularités. Par exemple, pour une dissolution d'iode à saturation dans l'iodure de potassium aqueux saturé, cette distribution est illustrée par une courbe, telle que la courbe II de la figure, courbe cessant de trahir aux électrodes des discontinuités visibles, et devenue pratiquement régulière.

L'altérabilité des propriétés électriques de l'iodure de potassium aqueux par présence d'iode dissous peut être rapprochée de phénomènes divers récemment pris en considération par Kendall ([5]), et discutés par lui du point de vue de la structure intime des solutions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure stéréochimique du pentachlorure de phosphore*. Note de MM. **Henri Moureu**, **Michel Magat** et **Georges Wetroff**, transmise par M. Georges Urbain.

Des expériences sur les anomalies que présente le pentachlorure de phosphore à son point de fusion ([1]), et sur les spectres Raman ([2]), du composé à l'état solide et liquide, nous ont permis d'établir qu'il existe deux formes différentes de la molécule PCl^5 : à l'état solide elle possède une structure dissymétrique (tétraèdre PCl^4 dont l'atome de phosphore occupe

([5]) *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 2.

([1]) Henri Moureu, Michel Magat et Georges Wétroff, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 257.

([2]) Henri Moureu, Michel Magat et Georges Wétroff, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 276.

le centre de gravité, le cinquième atome de chlore étant en dehors de l'édifice), tandis que la structure est symétrique pour le liquide (bipyramide trigonale). Le but de la présente Note est de montrer que ce dualisme de structure permet d'interpréter l'ensemble des propriétés physiques et chimiques du pentachlorure de phosphore, qui apparaissent parfois comme incohérentes.

Nous avons établi en premier lieu que l'anomalie thermique à 107°-115°, signalée en 1936 ([1]), correspond à l'existence d'un maximum de la chaleur spécifique vers 115°. L'allure dissymétrique de la courbe obtenue après une étude sommaire de la chaleur spécifique en fonction de la température, suggère que l'on doit avoir affaire à un phénomène analogue à la rotation du groupe NH^4 qui a été observée dans le cas des composés NH^4Cl, NH^4Br, NH^4I ([3]). Dans le PCl^5 solide ce serait donc le tétraèdre PCl^4 qui aurait la possibilité d'acquérir un mouvement de rotation dans le cristal. Ajoutons que la chaleur de fusion est anormalement élevée (10 K.cal. environ par molécule).

Les modifications de structure que subit le pentachlorure de phosphore en changeant d'état physique expliquent immédiatement les anomalies de conductibilité et de constante diélectrique signalées par divers auteurs. La conductibilité du pentachlorure de phosphore liquide est au moins 100 fois plus faible que celle du solide [([4]), ([5])]; de même la constante diélectrique à l'état liquide (2,7 à 165°) est inférieure à celle du produit cristallisé (4,2 à 135°), ce qui est assez exceptionnel ([4]). Simons et Jessop, auteurs de ces derniers travaux, en concluaient que le PCl^5 liquide doit posséder une structure symétrique, ce que nos expériences ont effectivement démontré. Quant à la conductibilité plus élevée de l'état cristallin, elle est un argument important en faveur de la structure $[(PCl^4)^+Cl^-]$, que nous avons proposée, où la liaison (PCl^4)—Cl est en réalité une superposition des termes coulombien et homéopolaire, aucun des deux n'étant négligeable par rapport à l'autre. La partie polaire de la liaison est mise en évidence par la valeur relativement élevée de la constante diélectrique; elle peut permettre la libération de quelques ions Cl^- et accroître la conductibilité. Par ailleurs, lorsque l'on cherche à préciser la stéréochimie de la molécule

---

([3]) Voir Fowler, *Proc. Roy. Soc.*, **151**, 1935, p. 1.
([4]) Simons et Jessop, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1263.
([5]) Voigt et Biltz, *Zeit. Anorg. Chem.*, **133**, 1924, p. 277.

PCl^4Cl, en prenant pour base de calcul 3,3 Å ([6]) comme distance minimum des centres de deux chlores non liés entre eux, on trouve que la distance de l'atome de phosphore aux atomes de chlore du tétraèdre PCl^4 est de 2,02 Å, tandis qu'elle est de 3,38 Å pour le cinquième atome de chlore.

L'étude directe du moment électrique fournit également des données fort intéressantes en accord avec notre conception. D'après les expériences les plus récentes, le pentachlorure PCl^5 en solution possède un moment permanent ([7]), tandis que le pentafluorure PF^5 gazeux n'en présente pas ([8]). La diffraction des électrons montre que le pentafluorure PF^5 gazeux dont le point d'ébullition est —84,6 C a une structure symétrique ([9]) identique à celle que nous avons assignée au PCl^5 liquide. Pour le pentachlorure de phosphore l'étude du moment électrique, effectuée au voisinage de la température ordinaire en solution dans CCl^4, permet de conclure que ces solutions contiennent une proportion notable de molécules dissymétriques, telles que nous les avons imaginées dans le solide.

Il est également possible d'expliquer certaines différences d'ordre chimique observées ([10]) au cours de diverses réactions mettant en jeu le pentachlorure de phosphore et sur lesquelles on a fondé souvent des hypothèses de structure. Il existe d'abord toute une catégorie de composés organiques avec lesquels le pentachlorure agit comme s'il avait la forme $PCl^4.Cl$ (indène, styrolène, salol, acide oxalique, dibenzoylméthane, etc.), le groupement PCl^4 se fixant d'un bloc. Mais on connaît également d'autres composés, du type de la 2.3-diphénylindone, où le pentachlorure de phosphore paraît se comporter comme $PCl^3.Cl^2$, car il y a addition de deux atomes de chlore et formation simultanée de trichlorure PCl^3. Le fait intéressant à souligner est que le premier type de réaction a lieu à la température ordinaire, tandis que pour les indones il est nécessaire d'opérer à température beaucoup plus élevée (160-180°). Le fait que l'on trouve deux formes moléculaires distinctes, ayant chacune leur domaine propre d'exis-

([6]) MAGAT, *Zeit. phys. Chem.*, B, **16**, 1932, p. 14.
([7]) TRUNEL, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 37.
([8]) LINKE et ROHRMANN, *Zeit. phys. Chem.*, B, **35**, 1937, p. 256.
([9]) BRAUNE et PINNOW, *Zeit. phys. Chem.*, B, **35**, 1937, p. 239.
([10]) BERGMANN et BONDI, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **63**, 1930, p. 1158; **64**, 1931, p. 1455; **66**, 1933, p. 278 et 286; ANSCHÜTZ et WENGER, *Lieb. Ann.*, **482**, 1930, p. 25; GALL et SCHÜPPEN, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **63**, 1930, p. 482, etc.

tence déterminé par les conditions physiques, permet donc d'expliquer les contradictions précédentes qui ne sont qu'apparentes. En effet il existe réellement un atome de chlore particulier dans le pentachlorure de phosphore solide ou en solution à basse température, tandis qu'il y en a deux stériquement différents des trois autres et possédant des liaisons plus faibles dès que les conditions opératoires font apparaître la molécule à structure symétrique.

La séance est levée à 15h25m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 OCTOBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Jean-Baptiste Senderens**, Correspondant pour la Section de Chimie, survenu à Barbachen, près de Rabastens-de-Bigorre.

M. **Émile Picard** dépose sur le Bureau un volume des *Œuvres* de M. Sophus Lie : *Gesammelte Abhandlungen.* Zweiter Band. *Geometrische Abhandlungen.* Zweite Abteilung. II Teil; *Anmerkungen zum Zweiten Bande*, herausgegeben von Friedrich Engel und Poul Heegaard.

AGRONOMIE. — *Sur la détermination chimique de la plante cultivée.* Note (1) de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume.**

L'espèce végétale, qui en science pure est un objet d'observation, d'expérimentation et de comparaisons uniquement soucieuses de *vérité*, revêt de surcroît en science agronomique le caractère essentiel d'être une *valeur* dépendant de l'offre et de la demande commerciales. Il y a donc, dans la considération agronomique d'une espèce végétale, tout un aspect inévitable qui échappe aux disciplines des sciences physiques, chimiques et biologiques. L'agronome envisage nécessairement un optimum de développement qualitatif et quantitatif, à la fois accessible et avantageux, qu'il

(1) Séance du 27 septembre 1937.

pense pouvoir assigner à la plante en question. Pour s'approcher de cet optimum, il fait appel à la technique, c'est-à-dire à la science dirigée et appliquée.

Cette attitude logique propre à l'agronomie peut, dans le cadre plus étroit des études chimiques appliquées à l'agriculture, être maintenue sans qu'on ait à s'écarter des préoccupations chimiques, grâce aux faits suivants que nous avons démontrés et qu'il est facile de vérifier :

1° A chaque type déterminé de développement (et par suite de valeur) d'une espèce cultivée correspond un mode d'évolution chimique déterminé, la morphologie n'étant pour chaque individu végétal qu'une conséquence de la physiologie.

2° En particulier, à l'optimum souhaité de développement (et par suite à sa valeur) correspond un mode déterminé d'évolution chimique : en conséquence, quand on aura eu la bonne fortune de réaliser cet optimum cultural et de le suivre par l'analyse périodique, soit de la plante entière, soit d'une feuille prise en place déterminée (diagnostic foliaire), cet optimum alimentaire pourra servir de référence pour estimer, quant à l'intensité et quant aux rapports physiologiques des divers aliments, tout autre mode réalisé d'alimentation.

Il est clair que la désignation de l'optimum cultural, pour une espèce donnée dans un milieu agricole donné, dépasse la compétence du chimiste pur. La science positive n'a rien à voir dans les considérations d'opportunité, de risque économique, d'empirisme professionnel, qui font de cette désignation un problème délicat relevant de la logique spéciale des valeurs. Le chimiste n'intervient que pour les analyses déterminant le mode alimentaire de cet optimum cultural.

Mais, une fois établi, *l'optimum alimentaire*, corrélatif de l'optimum cultural, offre au chimiste et *dans son propre langage* une directive où sont encloses les meilleures traditions de la culture pratique.

Les caractères de cet optimum alimentaire sont les suivants :

1° Notion autant économique que physiologique, l'optimum alimentaire d'une plante cultivée n'est pas plus que l'optimum cultural du ressort exclusif de la science pure; ce n'est pas une norme spécifique;

2° L'optimum alimentaire, comme l'optimum cultural, ne peut être affecté qu'à un pays agricole défini;

3° Les chiffres qui expriment l'optimum alimentaire sont révisibles :

a. Soit parce que, reprenant l'analyse fondamentale de l'optimum cultural, on y introduit des considérations analytiques nouvelles;

b. Soit parce qu'on croit devoir changer l'optimum cultural grâce à une nouvelle variété végétale, un sol mieux adapté, des conditions météorologiques survenues plus heureuses, des interventions techniques plus efficaces;

c. Soit par l'évolution du marché imposant une nouvelle sorte de valeur à réaliser.

C'est sous cet aspect, soumis à discussion et à éventuelle révision, que doivent être considérés, quelque information agricole dont nous les ayons étayés, l'optimum alimentaire de la vigne aramon et celui de la pomme de terre aliment, utilisés dans les calculs de nos deux Notes précédentes ([2]).

Ce serait une grave erreur de les admettre comme étant l'optimum de la vigne *en général* ou de la pomme de terre *en général.* L'esprit critique de l'agronome s'oppose à la tendance des chimistes qui, après une analyse minutieuse, en interprètent sans autre enquête les résultats à l'aide d'une clé appliquée à tout venant.

Quoi qu'il en soit, la détermination chimique d'une plante cultivée, d'une part quant à son optimum alimentaire, d'autre part quant à son mode d'alimentation en milieu donné et en année donnée, est un contrôle incontestablement nécessaire pour indiquer à la technique les modifications alimentaires vers lesquelles elle doit tendre.

Mais, après ce contrôle, le problème reste entier de savoir par quels moyens on pourra effectuer le déplacement alimentaire souhaité. Problème fort complexe, car, en dehors de toute fluctuation économique, la valeur produite dans un champ cultivé dépend techniquement d'un grand nombre de facteurs qu'on peut classer en quatre groupes principaux : plante + sol + atmosphère + interventions techniques; les variations dans chacun de ces groupes pouvant retentir en variations dans chacun des trois autres, en sorte que les variations imprévisibles des conditions météorologiques projettent sur tout l'ensemble une zone d'incertitude si large et d'une portée si grande en pratique agricole qu'on a aucunement le droit de la négliger dans les prévisions. Seule l'expérience culturale soumise à toutes les contingences de la pratique agricole et portant sur un nombre suffisant

---

([2]) *Comptes rendus*, 204, p. 535 et 939. Nous avons déterminé de nombreux diagnostics foliaires du Tabac; ils nous ont fourni d'intéressantes conclusions physiologiques; mais nous devons surseoir à leur interprétation agronomique, parce que nous ignorons encore dans quelle mesure les plants échantillonnés s'approchaient d'un optimum cultural défini, cette désignation dépassant notre compétence.

d'années peut, toujours à la lumière des analyses périodiques de la plante, nous documenter sur le sens et les limites physiologiques des actions naturelles combinées aux interventions techniques.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Technique et Économie nouvelles des Carburants de synthèse, par Ch. Berthelot, avec la collaboration de M. Hot. Préface de M. Farjon (présenté par M. L. Guillet).

THÉORIE DES ESPACES ABSTRAITS. — *Géométrie conforme générale.* Note de M. **Aristotle D. Michal**, présentée par M. Élie Cartan.

L'auteur a étudié déjà la géométrie riemannienne générale dans un espace abstrait topologique (Hausdorff) avec des coordonnées dans l'espace abstrait linéaire et normé B de Banach. Dans cette Note nous annonçons des résultats dans le sujet voisin de la géométrie conforme générale. L'élément d'arc ligne est donné par

$$ds = [\delta x,\ g(x,\ \delta x)]^{\frac{1}{2}},$$

où $[\lambda, \mu]$ est bilinéaire, $[\xi, g(x, \xi)]$ est définie positive et $g(x, \xi)$ est un champ vectoriel covariant, qui est identique à son adjointe comme une fonction linéaire de vecteur contravariant ξ. Nous demandons que $g(x, \xi)$ soit une fonction de ξ linéaire et résoluble. Il s'ensuit que la fonction inverse $G(x, \eta)$ est une forme c. v. f. (champ vectoriel contravariant) dans un vecteur covariant η. Nous demandons, de plus, que les différentielles première et seconde, selon Fréchet, $g(x, \xi; \delta x)$, $g(x, \xi; \delta_1 x, \delta_2 x)$ existent, soient continues en x et que l'adjointe $g^*_{(3)}(x, \xi; \delta x)$ de la fonction linéaire de $\delta x\, g(x, \xi; \delta x)$ existe et soit elle-même différentiable continûment en x selon Fréchet. Notre symbole abstrait $\Gamma(x; \xi_1, \xi_2)$ existe, est donné par

$$\Gamma(x, \xi_1, \xi_2) = \frac{1}{2} G[x,\ g(x, \xi_1; \xi_2) + g(x, \xi_2; \xi_1) - g^*_{(3)}(x, \xi_1; \xi_2)]$$

et il est soumis à la loi de transformation d'une connexion linéaire abstraite

$$\bar{\Gamma}(\bar{x}, \bar{\xi_1}, \bar{\xi_2}) = \bar{x}[x; \Gamma(x, \xi_1, \xi_2)] + \bar{x}[x; x(\bar{x}; \bar{\xi_1}; \bar{\xi_2})]$$

(ξ_1 et ξ_2 sont des vecteurs contravariants).

Les transformations linéaires (additives et continues) dans B produisent un nouvel espace R de Banach, avec une norme qu'on peut prendre comme module d'une transformation linéaire de B. En effet, R est un *anneau vectoriel normé avec un élément unité.* La succession de deux transformations linéaires dans B définit le produit bilinéaire de l'anneau et la transformation identique dans B définit l'élément unité I de R.

Pour obtenir les fondements d'une géométrie conforme générale, on demande que l'anneau normé R, et par cette raison l'espace B, satisfasse au postulat suivant :

Il existe une fonction linéaire [L], *appelée contraction, sur* R *aux nombres réels avec les propriétés*

$$(1) \qquad [L_1 L_2] = [L_2 L_1];$$

$$(2) \qquad [N(*)\alpha] = N(\alpha),$$

où N(ξ) *est linéaire sur* B *aux nombres réels.*

Nous nous bornons à ces fonctions linéaires $l(x)$ sur B avec des *valeurs numériques* qu'on peut écrire $l(x) = [\alpha, x]$.

Soit $B(x, \xi_1, \xi_2, \xi_3)$ la forme de courbure dans les vecteurs contravariants ξ_1, ξ_2, ξ_3 avec des valeurs c. v. f. et basée sur notre symbole abstrait $\Gamma(x, \xi_1, \xi_2)$. On définit les formes abstraites bilinéaire $R(x, \xi_1, \xi_2)$ et linéaire $R(x, \xi)$ par

$$R(x, \xi_1, \xi_2) = [B(x, \xi_1, \star, \xi_2)] = [\xi_1, R(x, \xi_2)]$$

et la courbure scalaire par $R(x) = \{G[x, R(x, \star)]\}$.

Si $\lambda(x)$ est un champ scalaire positif différentiable, nous entendons par un changement conforme de métrique une transformation

$$'g(x, \xi) = \lambda(x)\, g(x, \xi).$$

Posons $\nu = [I]$ et supposons $\nu \neq 1, 2$, alors $C(x, \xi_1, \xi_2, \xi_3)$, définie par

$$\begin{aligned} C(x, \xi_1, \xi_2, \xi_3) = B(x, \xi_1, \xi_2, \xi_3) & \\ + \frac{1}{\nu - 2}\{ & R(x, \xi_1, \xi_2)\xi_3 - R(x, \xi_1, \xi_3)\xi_2 + [g(x, \xi_1), \xi_2] \\ & G[x, R(x, \xi_3)] - [g(x, \xi_1), \xi_3]\, G[x, R(x, \xi_2)]\} \\ + \frac{R(x)}{(\nu - 1)(\nu - 2)} & \{[g(x, \xi_1), \xi_3]\xi_2 - [g(x, \xi_1), \xi_2]\xi_3\}, \end{aligned}$$

est une forme c. v. f. trilinéaire, appelée *forme conforme de courbure*, dans les vecteurs contravariants ξ_1, ξ_2, ξ_3. On peut montrer que la forme conforme de courbure est un invariant différentiel conforme, parce qu'elle ne perd pas sa forme par un changement conforme de métrique considérée comme une *fonctionnelle* de $g(x, \xi)$ et ses différentielles. En employant quelques nouveaux résultats d'Analyse tensorielle générale de l'auteur, on peut étendre les théorèmes usuels relatifs au tenseur conforme de courbure. Ainsi la géométrie différentielle classique (et la géométrie différentielle conforme en particulier) acquiert une extension très considérable. Nous donnerons ailleurs des développements détaillés.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Images monochromatiques du Soleil obtenues au spectrohéliographe avec la raie infrarouge de l'hélium* λ 10830, *la raie violette* H_ε *de l'hydrogène et les raies infrarouges du même élément* λ 10938 *et* λ 10049. Note de M. et Mme **Lucien d'Azambuja**, transmise par M. Ernest Esclangon.

I. La raie infrarouge de l'hélium λ 10830 a été identifiée dans le spectre normal du Soleil en 1934 par H. D. Babcock (1) qui, opérant en lumière générale, la décrit comme raie d'absorption diffuse et plutôt faible. C'est la seule raie permanente de l'hélium reconnue jusqu'ici dans le spectre de Fraunhofer, et son étude au spectrohéliographe présente, de ce fait, un intérêt particulier. Nous l'avons entreprise à Meudon dès le moment où il nous a paru possible d'obtenir des résultats satisfaisants dans une région spectrale où les plaques photographiques n'ont encore qu'une sensibilité très faible.

Nous nous sommes servis du spectrohéliographe double, à réseau, déjà utilisé par l'un de nous en 1928 (2) pour former les premières images infrarouges de la chromosphère avec la raie du calcium ionisé λ 8542. L'appareil permet d'obtenir, avec une forte dispersion linéaire à la fente sélectrice (1,5 A par millimètre dans le spectre de premier ordre et la région considérée), des images de diamètres variés pouvant être réduits jusqu'à 2^{cm}, dans les cas où une grande concentration de lumière est nécessaire. Bien que le second spectrographe élimine une partie notable des lumières para-

---

(1) *Publ. Astronomical Soc. Pacific*, **46**, 1934, p. 132.
(2) L. d'Azambuja, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 201.

sites dues, principalement, aux spectres d'ordre supérieur, nous avons, pour plus de précaution, placé derrière la première fente un écran Wratten arrêtant complètement les radiations de longueur d'onde inférieure à 7500 A.

Des essais préalables nous ont conduits à employer les plaques 1-Z Kodak, hypersensibilisées à l'ammoniaque et une image de 4^{cm} de diamètre. La durée des poses était de l'ordre de 6 heures, d'un bord à l'autre du disque, et les déplacements des organes mobiles de l'instrument devaient être faits à la main, les dispositions mécaniques habituelles ne permettant pas des vitesses aussi faibles. Nous nous sommes alors contentés d'enregistrer seulement les régions du disque les plus riches en détails.

Les images obtenues montrent des *plages sombres*, correspondant aux plages faculaires brillantes du calcium ionisé et les *filaments*, sombres également, qui marquent l'absorption des protubérances sur le disque solaire. Elles ont donc une certaine ressemblance avec les images données par les raies H_β, H_γ, H_δ, de l'hydrogène ([3]) mais, alors que ces raies, étudiées par la méthode du spectro-enregistreur de H. Deslandres, ne laissent prévoir les détails des spectrohéliogrammes que par de faibles variations de largeur et d'intensité, la raie de l'hélium, examinée dans les mêmes conditions, n'est pratiquement visible que sur les plages et les filaments; elle prend ainsi un aspect ponctué assez inattendu ([4]). Aux points où elle est le plus marquée, sa largeur atteint 0,5 A.

II. Il était intéressant de comparer ces résultats à ceux que peut fournir la raie violette H_ε de l'hydrogène, qui marque la transition entre les raies de la série de Balmer intenses sur le disque et celles dont l'absorption ne peut être décelée que par des tracés microphotométriques. G. E. Hale et F. Ellerman ont signalé autrefois ([5]) que H_ε apparaît comme une forte ligne sombre sur les filaments. Mais, à notre connaissance, aucun spectro-

---

([3]) Selon l'interprétation donnée par l'un de nous, ces images indiquent que les raies avec lesquelles elles sont formées n'absorbent pas complètement la lumière photosphérique (L. d'Azambuja, *Annales de l'Observatoire de Meudon*, 8, fasc. 2, 1930, p. 89).

([4]) Cet aspect ne peut être comparé à celui de la raie jaune D_3 du même élément dont la présence, comme raie d'absorption, n'est jamais signalée que sur les régions du disque où l'activité est exceptionnelle.

([5]) G. E. Hale et F. Ellerman, *Proceedings of the Royal Society, London*, 83, 1910, p. 177.

héliogramme n'a jamais été obtenu avec cette raie, superposée à l'aile très forte de la raie H du calcium ionisé.

Nous avons employé simplement, cette fois, le spectrohéliographe de 3^m, à 3 prismes, qui sert aux observations journalières avec la raie K. La fente sélectrice était ouverte à 0,07 A, largeur très inférieure à celle de la raie, qui atteint au moins 0,4 A sur les filaments. Pour discriminer sûrement les détails dus à la raie du calcium de ceux appartenant en propre à H_ε, chacune des images faites avec cette dernière raie était immédiatement doublée par une autre où la fente sélectrice occupait une position symétrique par rapport à H. Les images couplées présentent des différences très sensibles : l'image H_ε montre nettement les filaments, ce qui confirme la remarque de Hale et Ellerman; par contre, les plages faculaires brillantes de la couche basse du calcium en ont presque disparu, alors qu'elles forment le caractère principal de la seconde image. Un affaiblissement aussi marqué ne peut guère s'expliquer que par un effet de compensation résultant d'une absorption accrue de H_ε, précisément aux points où l'aile de H a un éclat plus grand. La raie violette de l'hydrogène se comporterait ainsi à peu près comme la raie infrarouge de l'hélium, toutes deux se trouvant au voisinage des conditions limites pour lesquelles une absorption notable n'est possible que sur les régions faculaires, où le rayonnement photosphérique est plus intense et sur les filaments, où la vapeur a une épaisseur considérable.

Signalons encore que l'un des spectrohéliogrammes obtenus avec H_ε, le 12 juin 1937, à $9^h 57^m$ (T. U.), montre une éruption chromosphérique brillante. Sous des conditions exceptionnelles, la raie est donc susceptible d'apparaître sur le disque comme raie d'émission.

III. Au cours de notre étude sur la raie de l'hélium, nous avons eu l'occasion d'isoler aussi les raies relativement voisines de l'hydrogène λ 10924 et λ 10049, qui forment les troisième et quatrième membres de la série de Paschen. Ces raies, très larges (3 A environ), sont extrêmement diffuses et à peine indiquées dans le spectre du disque. Bien que les clichés obtenus soient à peu près de même qualité que ceux donnés par la raie de l'hélium, aucun détail d'origine chromosphérique n'a pu y être reconnu. Les images paraissent identiques aux images directes données par un photohéliographe.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique de deux solutions paramagnétiques*. Note de M. **Aurel Nicolau**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai étudié, par une méthode déjà décrite [1], les propriétés thermomagnétiques de deux solutions aqueuses paramagnétiques : l'une de sulfate de nickel, l'autre de sulfate ferreux ammoniacal (sel de Mohr).

Le titre de chaque ion paramagnétique par gramme de solution, déterminé avec soin par M. Costeanu, par la voie gravimétrique, est le suivant : $Ni^{++} = 0^g,0349$, $Fe^{++} = 0^g,0209$; la solution du sel de Mohr contient en outre un léger excès d'acide sulfurique libre ($0^g,0097$ par gramme de solution).

Dans les Tableaux ci-dessous, qui résument les résultats des mesures, χ représente le coefficient d'aimantation relatif à 1^g de l'ion paramagnétique en solution et d la densité de la solution (par rapport à l'eau); les corrections relatives au diamagnétisme de l'eau, de l'anion et de l'acide sulfurique ont été faites en admettant les valeurs suivantes pour les coefficients d'aimantation.

$$\chi_{H^2O} = -72.10^{-6}[1 + 0,00013(t - 20)]; \quad \chi_{SO^4} = -0,42_7.10^{-6};$$
$$\chi_{NH^4+} = -0,667.10^{-6}; \quad \chi_{SO^4H^2} = -0,40.10^{-6}.$$

Solution de sulfate de nickel.

t° C	23°,3.	31°,3_5.	40°,1.	49°,2_5.	59°,8.	67°,4.	75°,7.
d	$1,107_9$	$1,105_0$	$1,101_8$	$1,097_8$	$1,091_6$	$1,087_1$	$1,080_9$
$\chi.10^6$	75,93	73,93	72,02	70,10	68,05	66,73	65,19
$\chi(T-\theta).10^3$	24,11	24,07	24,08	24,08	24,09	24,13	24,11

Solution de sel de Mohr.

t° C	22°.	30°,9.	40°,6.	46°,3.	51°,5_5.	59°,3_5.	67°,5.	75°,9.	82°,1.
d	$1,096_2$	$1,093_0$	$1,089_9$	$1,087_8$	$1,085_6$	$1,081_1$	$1,075_9$	$1,069_1$	$1,061_2$
$\chi.10^6$	$218,1_9$	$212,2_3$	$206,3_6$	$202,6_3$	$199,5_3$	$195,1_2$	$189,8_9$	$182,9_6$	$173,6_4$
$\chi(T-\theta).10^3$	68,86	68,87	68,96	68,87	68,87	68,87	–	–	–

Ces résultats montrent que les deux solutions suivent la loi de Weiss : $\chi(T - \theta) = c$ *avec une précision de quelques millièmes.*

On peut calculer le moment magnétique μ_W, exprimé en magnétons de

[1] G. Dupouy et Ch. Haenny, *J. de Phys.*, 7, 1936, p. 23.

Weiss, pour chacun des ions Ni^{++} et Fe^{++}, ainsi que la température θ du point de Curie; on trouve

	Sulfate de nickel.	Sel de Mohr.
μ_W	$16,6_7$	25,5
θ	—21°,2	—20°,6

Le moment obtenu pour l'ion Ni^{++} dans le cas du sulfate de nickel s'accorde avec celui déjà signalé par Fahlenbrach dans l'étude des solutions de chlorure de nickel (²); seule la température du point de Curie est différente. Cela tient sans doute à la différence de nature des anions. La valeur du moment magnétique de l'ion Fe^{++} est l'une de celles qui avaient déjà été trouvées par G. Foëx (³). Celui-ci avait signalé, dans la courbe donnant $1/\chi$ en fonction de T, un coude pour les solutions de sel de Mohr concentrées. On voit ici, qu'avec la précision de notre méthode on observe encore très bien ce coude pour des solutions environ deux fois moins concentrées. On peut le situer au voisinage de 66°C. Le point de Curie correspondant à la première branche est légèrement plus bas en valeur absolue, que celui trouvé par Foëx (28°), comme on doit s'y attendre dans l'hypothèse des actions mutuelles (Weiss); les mesures au-dessus de 66°C. sont trop peu nombreuses pour fixer avec précision la nouvelle valeur du moment; notons cependant que dans l'état magnétique qui apparaît au-dessus de 66°C. le moment magnétique est plus faible que pour l'état stable à la température ordinaire.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des alliages du fer avec le rhodium.* Note de M. **Maurice Fallot**, transmise par M. Pierre Weiss.

Parmi les solutions solides des éléments de la famille du platine dans le fer, celles contenant du rhodium se distinguent par l'importance du domaine de concentrations dans lequel existe l'état ferromagnétique.

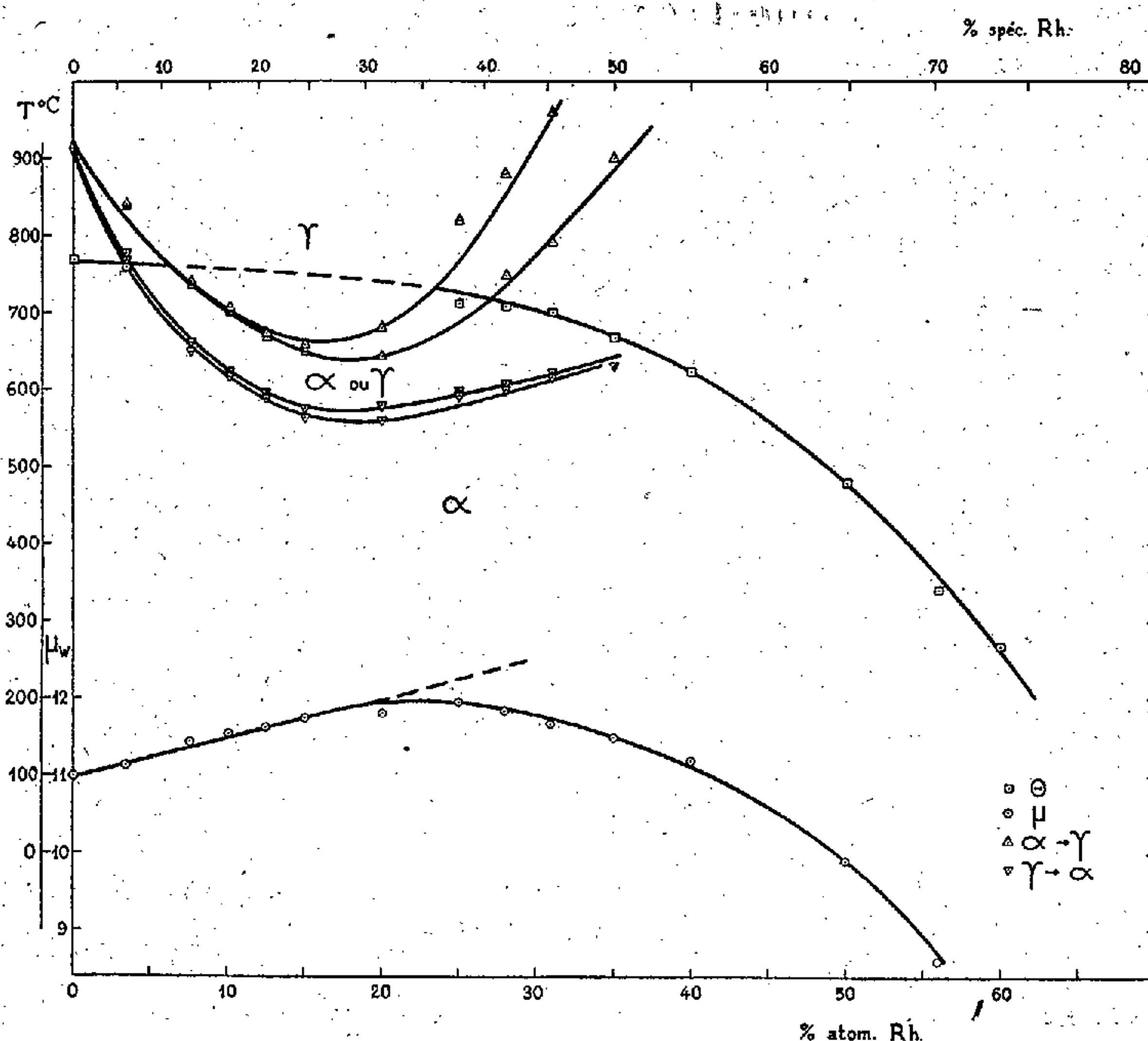
Ce caractère tient au fait que la température de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ passe par un minimum (550° C. environ, entre 15 et 20 pour 100 de rhodium), au lieu de s'abaisser rapidement comme c'est le cas lorsqu'on introduit du nickel (¹) ou un autre des éléments de la famille du platine (²)

(²) *Ann. der Physik*, **13**, 1932, p. 265.
(³) *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, **16**, 1921, p. 174-305.

(¹) M. Peschard, *Rev. de Métal.*, **22**, 1925, p. 490.
(²) M. Fallot, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 128; **205**, 1937, p. 227 et 517.

dans le fer. Cette transformation de réseau ne limite donc pas la région α du côté des fortes concentrations.

De 0 à 6,5 pour 100, les alliages sont réversibles au voisinage de leurs points de Curie. Ceux-ci diminuent légèrement (2° C. par atome de rhodium introduit pour 100). Les transformations irréversibles $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ se produisent à des températures qui, tout en restant supérieures aux points de Curie, diminuent lorsque le titre augmente. Le taux de variation est très rapide au début, ainsi que le montre la figure. Il en résulte qu'à partir



Parmi les courbes concaves vers le haut, les deux courbes supérieures indiquent le début et la fin de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$, les deux courbes inférieures indiquent la fin et le début de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$.

de 6,5 pour 100, et jusqu'à 23 pour 100, on ne peut plus observer le point de Curie des alliages dans la phase α : la disparition de l'aimantation spontanée est due au changement du réseau cubique centré en réseau cubique à faces centrées; les alliages présentent alors des phénomènes d'irréversibilité comme les ferro-nickels [1].

Après avoir passé par un minimum, la température de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ s'élève rapidement, tandis que la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ se produit à une température légèrement croissante avec le titre. On retrouve donc, entre 23 et 28 pour 100, des alliages pour lesquels le point de Curie,

situé dans la région d'irréversibilité, peut être observé lors de l'échauffement, mais non lors du refroidissement.

Au delà de 28 pour 100, les alliages sont de nouveau réversibles au voisinage de leurs points de Curie. Ceux-ci décroissent de plus en plus rapidement à mesure que le titre en rhodium augmente.

La méthode employée pour déceler les transformations n'a pas permis de préciser si la région γ est limitée du côté des fortes concentrations, ce qui paraît peu probable étant donné l'isomorphisme du fer γ et du rhodium. Il est néanmoins établi que la phase ferromagnétique demeure stable jusqu'à des températures de l'ordre de 1000°C.

Les propriétés magnétiques de ces alliages présentent encore un caractère remarquable : le moment atomique moyen augmente avec la teneur en rhodium. La figure montre que la variation est linéaire entre 0 et 20 pour 100 environ; la pente de la droite représentative est $+5,0$; elle est intermédiaire entre celle trouvée pour les fer-iridiums ([2]) ($+4,3$) et celle trouvée pour les ferro-cobalts ([3]) ($+5,9$). La valeur maximum du moment moyen, atteinte pour 20 pour 100 de rhodium, est 12 magnétons expérimentaux de Weiss : elle est comparable aux moments moyens maxima des ferro-platines à 12,5 pour 100 ([2]) et des ferro-cobalts à 25 pour 100. Le moment atomique moyen reste supérieur à celui du fer pur jusqu'à 40 pour 100 de rhodium.

SPECTROSCOPIE. — *La glace, l'eau liquide et en solution dans le dioxane, étudiées dans l'infrarouge proche.* Note ([1]) de MM. **Gabriel Bosschieter** et **Jacques Errera**, transmise par M. Georges Urbain.

A la fin d'une Note antérieure ([2]) nous avons donné les courbes de transmission de l'eau et de la glace dans la région de 3300 cm^{-1}. Il en ressortait pour l'eau deux bandes d'absorption séparées par un maximum de transmission prononcé à 3400 cm^{-1}. Ayant remarqué que ce maximum semblait depuis lors se produire systématiquement, nous nous sommes demandé s'il n'était pas dû à un fond de lumière provoqué par un défaut du spectromètre à prisme de quartz que nous utilisions. L'effet de cette *fausse lumière*

([3]) P. Weiss et R. Forrer, *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 279.

([1]) Séance du 27 septembre 1937.

([2]) G. Bosschieter et J. Errera, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1719.

devenait surtout appréciable pour des fentes minces et dans le domaine spectral des bandes d'absorption du quartz, c'est-à-dire également à 3400 cm^{-1}.

Nous avons refait, avec un nouvel appareil perfectionné, que nous décrirons ailleurs, exempt de fausse lumière et qui a, à 3000 cm^{-1}, une précision de lecture de 1 cm^{-1} et une largeur de fente de 9 cm^{-1}, les mesures sur l'eau et la glace, sous une épaisseur de quelques microns (entre couvre-objets).

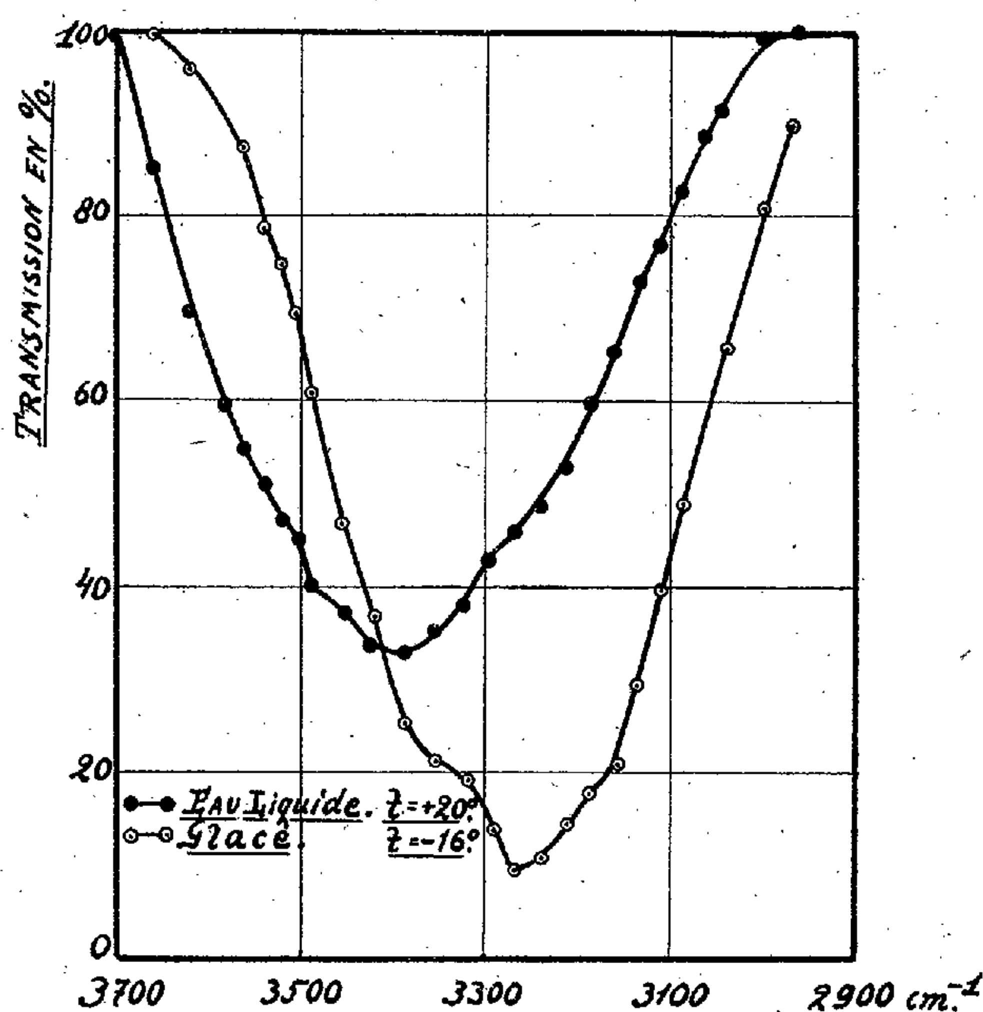


Fig. 1.

On voit que l'eau liquide présente entre 3700 et 2900 cm^{-1} une bande avec un maximum à 3400 cm^{-1}, une inflexion vers 3250 cm^{-1} et qu'il n'y a pas de maximum de transmission intermédiaire. La courbe de la glace a une allure analogue avec un maximum à 3250 cm^{-1}; de plus, elle présente deux inflexions dans les régions de 3350 et 3150 cm^{-1}. Nous continuons à attribuer la bande à 3400 aux liaisons d'hydrogène des molécules d'eau entre elles, celle à 3250 au réseau cristallin des liaisons d'hydrogène où chaque O est entouré de 4 H.

Nous donnons dans la figure 2 de nouveaux résultats pour des solutions diluées d'eau dans le dioxane sous une épaisseur de $0^{mm},01$. Les bandes que nous attribuons aux liaisons d'hydrogène dioxane-eau se trouvent dans la

région de 3530 cm^{-1}, à des fréquences plus élevées que les bandes des liaisons d'hydrogène eau-eau. La structure fine de la bande C — H à 2900 cm^{-1}

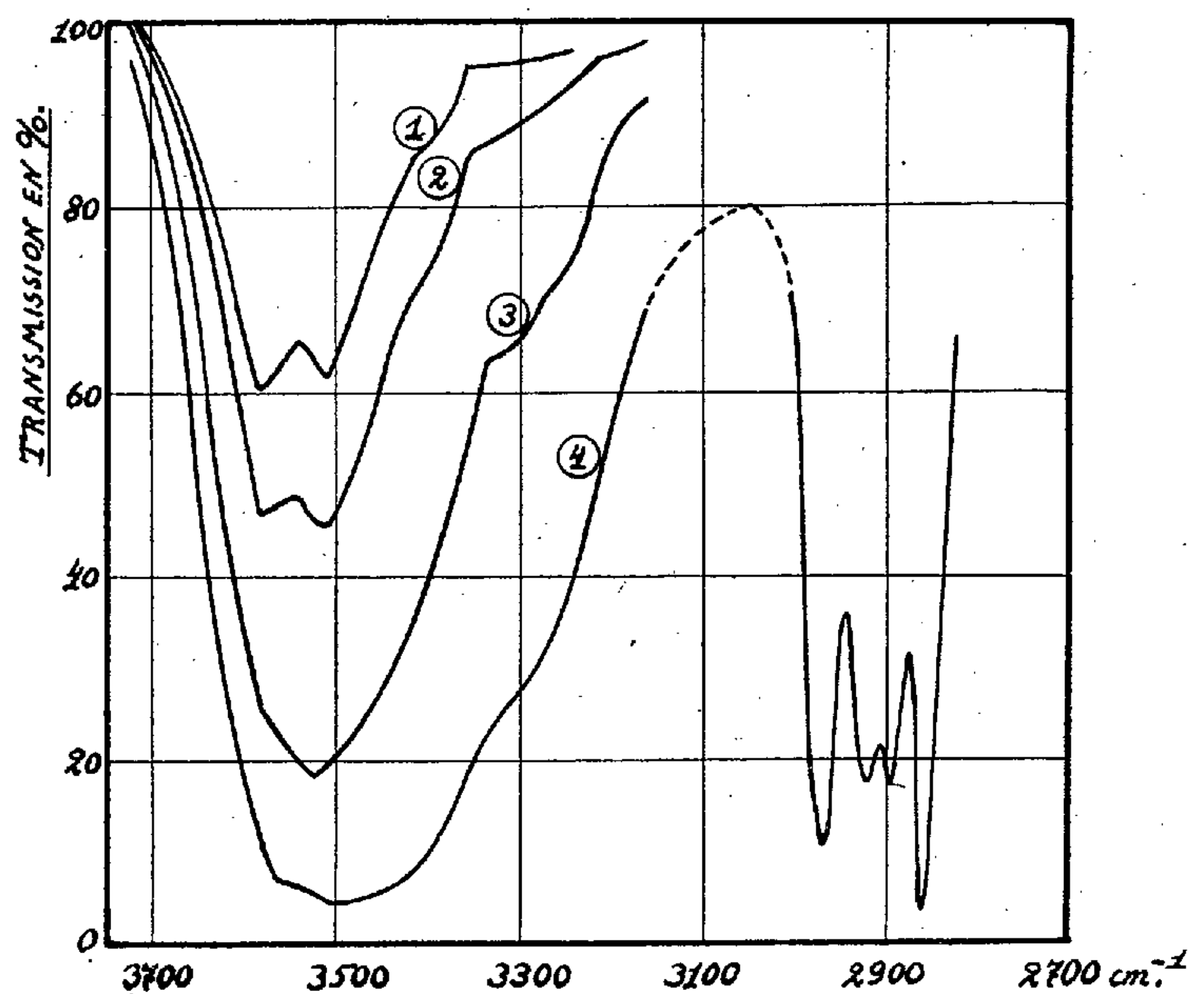


Fig. 2. — Eau dans dioxane.
Concentrations en volumes : 1 — 1,5 %; 2 — 3 %; 3 — 6 % et 4 — 12 %.

permet de se rendre compte de la précision que l'on peut atteindre avec le nouvel appareil.

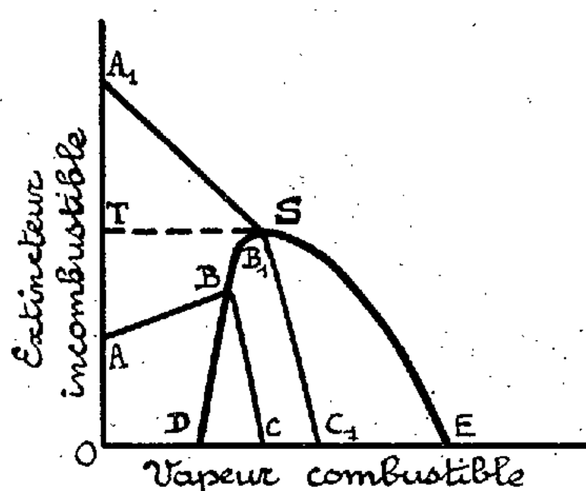
CHIMIE APPLIQUÉE. — *Les corps combustibles, envisagés comme adjuvants des extincteurs incombustibles, pour l'extinction pratique des flammes.* Note (¹) de MM. **Charles Dufraisse** et **Jean Le Bras**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons établi (²) que des vapeurs combustibles, quand elles étaient mélangées à l'air, étaient susceptibles de fonctionner comme extincteurs, parce que leur propre combustion prenait le pas sur celles des flammes de tout combustible non mélangé à l'air. Nous nous sommes demandé si cette capacité d'étouffement du feu ne permettait pas d'envisager les corps

(¹) Séance du 27 septembre 1937.
(²) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 75.

combustibles comme adjuvants des extincteurs incombustibles ordinaires, dans des conditions que nous allons essayer de préciser.

Considérons des mélanges d'air, d'extincteur incombustible et de vapeur combustible, et déterminons (³) la zone des compositions inflammables, suivant les proportions respectives des trois constituants. On obtient un graphique ayant l'allure représentée sur la figure. Les points D et E cor-



En *abscisses*, vapeur combustible pour 100 dans le mélange d'alimentation (air + extincteur incombustible + vapeur combustible).
En *ordonnées*, extincteur incombustible pour 100 dans ce mélange.
La branche de courbe DS représente la variation de la limite inférieure d'inflammabilité du mélange d'alimentation, la branche ES celle de la limite supérieure.

respondent aux limites inférieure et supérieure d'inflammabilité de la vapeur combustible dans l'air (mélanges binaires); la courbe DSE représente le domaine d'inflammabilité de cette même vapeur dans de l'air progressivement chargé d'extincteur incombustible (mélanges ternaires). Quand la teneur en extincteur dépasse T, le mélange devient ininflammable, quelles que soient les proportions de vapeur combustible.

Considérons, d'autre part, une flamme; pour l'éteindre, l'extincteur *incombustible* envisagé devra se trouver dans l'air ambiant au moins à une certaine teneur A pour 100 (voir fig.), laquelle, selon la nature de la matière en flamme, peut être inférieure ou supérieure à T. Pour obtenir le même effet à l'aide de la vapeur *combustible*, il faut en ajouter à l'air C pour 100, teneur que les mesures situent peu au delà de D; mais alors la dite vapeur continue à brûler pour son compte et il faut atteindre la teneur limite, plus élevée, E pour 100, pour amener son auto-extinction.

Ajoutons maintenant à l'air d'alimentation à la fois de la vapeur *com-*

(³) Pour le principe de l'appareil, voir CH. DUFRAISSE, R. VIEILLEFOSSE et J. LE BRAS, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 162.

bustible et de l'extincteur *incombustible*, on constate expérimentalement que la courbe représentative des compositions extinctrices est formée de deux parties sensiblement linéaires AB et BC, BC étant très proche de la verticale, mais inclinée en sens inverse de DS. Hors du domaine OABC, la flamme considérée ne peut plus brûler, mais la combustion de la vapeur combustible peut encore s'effectuer dans le domaine CBSE. La zone où aucune combustion n'est possible se trouve donc au delà de ABSE.

Dans le cas d'une flamme pour laquelle la teneur efficace en extincteur, dans l'air, est inférieure à T, on trouve une courbe ABC pour laquelle la branche AB est montante. En conséquence, la vapeur combustible fonctionne ici comme combustible additif en *soutenant* la flamme. Son addition à l'extincteur incombustible est donc *désavantageuse* pour l'extinction.

Fort heureusement, c'est le cas des flammes peu stables, par suite, de celles contre lesquelles le besoin d'un adjuvant se fait le moins sentir.

Pour celles qui, au contraire, sont plus résistantes, c'est-à-dire quand le taux nécessaire d'extincteur s'élève au-dessus de T, on a la courbe $A_1B_1C_1$, le point B_1 se trouvant sur la portion aplatie du domaine DSE, et B_1C_1 étant, comme BC, presque verticale. On voit alors que le taux minimum efficace d'extincteur décroît quand augmente la teneur du mélange en vapeur combustible. Par exemple, dans le cas où la flamme à éteindre est celle du gaz d'éclairage, l'extincteur incombustible l'azote et la vapeur combustible l'alcool éthylique, on constate que 4,5 pour 100 de ces vapeurs jouent le même rôle que 15 pour 100 d'azote. Dans ce deuxième cas, la vapeur combustible a un effet favorable en aidant à *étouffer* la flamme. Son addition à l'extincteur incombustible est donc *avantageuse* pour l'extinction.

D'après la figure l'appoint d'activité apporté à l'extincteur par le combustible auxiliaire sera d'autant plus grand que le point B_1 sera plus bas dans l'échelle des ordonnées et plus rapproché de l'origine dans l'échelle des abscisses.

Il y a là le principe d'une méthode pour améliorer l'efficacité des extincteurs incombustibles comme l'azote, le gaz carbonique, le tétrachlorure de carbone, etc., en leur adjoignant un combustible à une teneur assez basse pour qu'aucun mélange avec l'air ne soit inflammable.

Ce combustible auxiliaire, d'ailleurs, n'a pas à être nécessairement inflammable dans l'air. Ainsi, avec le bromure d'éthyle, le diagramme de combustion ne peut être tracé que pour des teneurs en oxygène supérieures à celle de l'air, soit en dessous de l'axe des abscisses dans notre graphique,

où l'origine correspond à la composition normale de l'air. Ce corps n'est donc pas capable de brûler isolément dans l'air. Il peut dès lors être ajouté à toutes doses aux extincteurs incombustibles et même être utilisé seul.

En conclusion, contrairement à une opinion répandue, l'incombustibilité absolue n'est pas nécessairement une supériorité pour les extincteurs; seront souvent plus efficaces les corps ou les mélanges partiellement combustibles, pourvu qu'ils soient rebelles à former une flamme propre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le colorant de Pechmann. Produits résultant de l'action des alcalis. Mécanisme de leur formation.* Note [1] de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

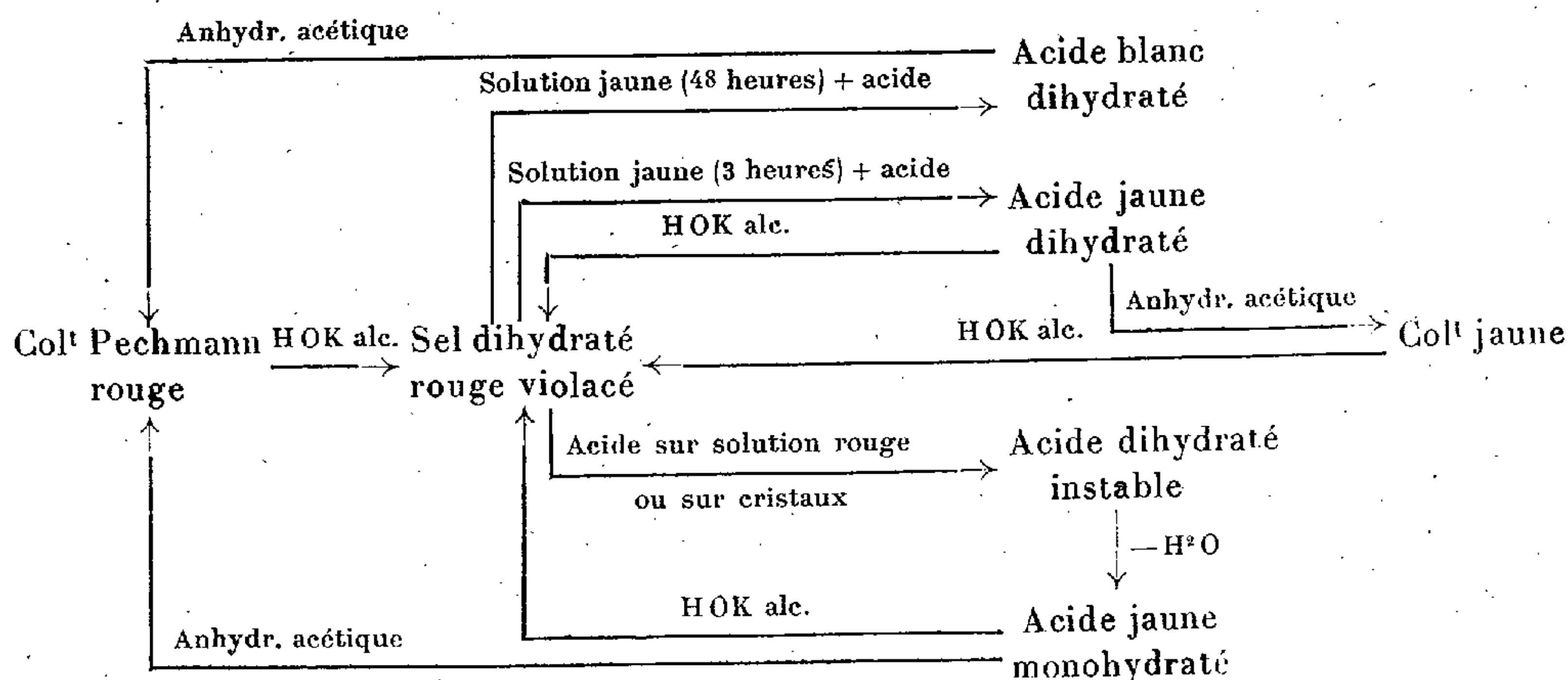
Le colorant de Pechmann $C^{20}H^{12}O^{4}$, en raison des deux fonctions lactones qu'il renferme, est attaquable par les alcalis alcooliques. Divers acides ont été décrits comme résultant de cette réaction : Ch. Dufraisse et moi-même [2] avons obtenu un acide jaune, appelé acide jaune monohydraté, $C^{20}H^{14}O^{5}$, c'est-à-dire $C^{20}H^{12}O^{4}$, $H^{2}O$. On connaît en outre deux acides dihydratés isomères, $C^{20}H^{16}O^{6}$ ou $C^{20}H^{12}O^{4}$, $2H^{2}O$, l'un, jaune, préparé successivement par M. Kugel [3], puis par M.-T. Bogert et J. Ritter [4], l'autre blanc, isolé de la même préparation uniquement par ces deux derniers auteurs.

On peut relever dans les détails des préparations et des propriétés de ces différents acides des obscurités et même des contradictions. C'est pourquoi j'ai repris l'étude complète de l'action de la potasse alcoolique sur le colorant de Pechmann.

Mes expériences m'ont permis d'établir un réseau complet de transformations mutuelles entre les divers produits acides et les colorants, celui de Pechmann, et son isomère dit orangé. J'ai démontré, d'ailleurs, à cette occasion, que cette couleur orangée est due à une impureté et que l'isomère du colorant rouge de Pechmann est, en réalité, jaune franc.

---

(1) Séance du 27 septembre 1937.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 771.
(3) *Liebigs Annalen*, 299, 1898, p. 50.
(4) *Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2871.



On peut voir, dans le Tableau ci-dessus, que les cristaux rouges violacés du sel de l'acide dihydraté sont le point de convergence de quatre réactions : ils résultent en effet de l'action de la potasse alcoolique sur les colorants rouge ou jaune, à froid comme à chaud, sur l'acide jaune dihydraté et sur l'acide jaune monohydraté.

Mais la décomposition de ce sel dihydraté par un acide ne libère pas nécessairement l'acide correspondant, c'est-à-dire le dihydraté : suivant les conditions opératoires, les deux autres peuvent en résulter aussi. C'est que les cristaux du sel dihydraté représentent la forme stable à l'état solide d'un composé instable à l'état dissous : les solutions aqueuses rouges subissent en effet, dès leur préparation, une évolution stabilisante qui se manifeste par un virage progressif au jaune, lent à froid, plus rapide à chaud. L'acide dihydraté libéré, soit des solutions rouges avant toute évolution, soit des cristaux eux-mêmes, est instable également : il se transforme immédiatement par perte d'une molécule d'eau en acide monohydraté.

Si l'on attend au contraire que la décoloration des solutions salines soit terminée, ce qui dure environ trois heures à la température ordinaire ou cinq minutes à 100°, on obtient l'acide jaune dihydraté. Entre ces deux limites, en partant de solutions en voie de décoloration, on recueille des mélanges, en proportions variables, des acides jaunes mono et dihydratés.

En attendant davantage (quarante-huit heures à la température ordinaire ou vingt minutes à 100°) j'ai isolé un acide dihydraté blanc (F. 211°) que j'ai toutes raisons de croire identique à un acide déjà signalé par Bogert et Ritter, mais avec des renseignements insuffisants pour permettre de le caractériser ou même de le retrouver.

On peut donner de ces faits l'explication suivante :

La formation du sel dihydraté correspond à l'ouverture des deux cycles lactoniques présents dans la molécule du colorant de Pechmann. Cette réaction entraîne la création de deux fonctions acides et de deux fonctions énols. Ce diacide diénol est instable, que ses carboxyles soient salifiés ou non, mais le processus de stabilisation est sous la dépendance directe de l'état des carboxyles. S'ils sont salifiés, il y a passage relativement lent à la forme dicétonique, ce qui se manifeste par la décoloration des solutions salines. S'ils sont libres, et dès qu'ils le sont, le diénol peut subir deux sortes de transformations instantanées, selon la force de l'acide employé pour sa précipitation. Quand on opère avec un acide faible, le diénol subit une monolactonisation qui mène à la forme énolique, elle-même instable, de l'acide monohydraté. Celle-ci se stabilise immédiatement par passage du second énol à la forme cétonique. Quand, au contraire, on utilise un acide fort, le diénol subit une déshydratation plus énergique et aussi plus complexe : une monolactonisation engendre l'acide monohydraté, comme plus haut; deux lactonisations *successives* conduisent au colorant de Pechmann, et deux lactonisations *simultanées* au colorant jaune, dont la présence dans le produit final de la réaction se trouve ainsi expliquée.

Quant à l'acide blanc dihydraté, les expériences que je viens de décrire démontrent qu'il résulte de l'isomérisation de l'acide jaune dihydraté, la transformation ayant lieu en phase aqueuse par l'intermédiaire du sel de potassium. Il n'est certainement pas, au même titre que son isomère jaune, le produit direct de l'attaque alcaline des colorants.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des gneiss et granulites à sillimanite dans le Massif Central français.* Note (1) de M. **Henri Longchambon.**

Dans les Cévennes, sur les terrains de la feuille de Largentière, les gneiss et granulites roses à sillimanite, les gneiss et granites à cordiérite, constituent des formations fréquentes et étendues, comme en de nombreux points du Massif Central. Nous avons pu les y observer dans des conditions qui éclairent leur genèse et leurs rapports mutuels.

Nous avons déjà signalé (2) que ces terrains apparaissaient comme formés

(1) Séance du 27 septembre 1937.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 398.

par action magmatique sur une série cristallophyllienne ancienne. Les formations de base de cette série ainsi reprises magmatiquement comprennent des micaschistes à biotite largement développée, riche en fer et en titane, associée tantôt à de l'andalousite bien développée et abondante, tantôt à des grenats, parfois à de l'amphibole.

Lorsque ces formations sont reprises par un magma granulitique, c'est-à-dire alcalin et fluoré, générateur de muscovite, elles donnent des gneiss d'injection à deux micas associés à des masses grenues plus ou moins pauvres en phyllite, caractérisés en particulier par une teinte rose ou rouge des feldspaths et la présence plus ou moins abondante de sillimanite. On peut songer, au premier abord, à voir dans la présence initiale d'andalousite au sein des micaschistes soumis à l'action magmatique la cause de la formation de sillimanite. On constate en effet que ce dernier minéral est particulièrement abondant dans les gneiss et granulites associés provenant de la reprise de bancs micaschisteux riches en andalousite. Mais on observe que la présence initiale d'andalousite, si elle est une condition favorable, n'est nullement une condition nécessaire à la formation de sillimanite, et l'examen microscopique démontre que ce minéral dérive très fréquemment de la biotite. L'observation sur le terrain et en plaques minces montre que la formation de ces gneiss et granulites à feldspaths roses, à muscovite toujours présente quoique non exclusive de la biotite, à sillimanite fréquente, si répandus dans les Cévennes et le Massif Central est conditionnée par un facteur plus général que la richesse du matériel injecté en silice et alumine par rapport aux bases, et permet de décrire ce facteur comme suit :

En milieu riche en fluor (granulitique) les combinaisons silicatées du fer et du titane autres que la tourmaline sont instables. Si elles préexistent à l'arrivée d'une émanation ou d'un magma fluoré elles sont décomposées, et dans la roche nouvellement formée (gneiss d'injection et masses grenues associées) on retrouve une partie du fer et du titane sous la forme de tourmaline, une partie sous la forme d'oxydes en cristaux bien visibles au microscope et la majeure partie sous la forme d'oxydes répartis en une très fine poussière à l'état d'inclusion dans les feldspaths, donnant à ceux-ci leur teinte rouge qu'accentue l'altération. La magnésie se retrouve sous forme de silicates magnésiens, dont certains termes identifiables sont la trémolite et le talc, ce dernier n'existant sans doute que dans les zones d'altération superficielle. La silice et l'alumine libérées par cette décomposition s'ajoutant éventuellement à celle des silicates d'alumine préexistants

donnent du feldspath, et en cas de défaut de calcium donnent de la sillimanite. Une partie des squelettes silico-alumineux provenant des biotites donne de la muscovite d'épigénie.

Ces observations reprennent et confirment celles déjà faites par Auguste Michel-Lévy dans le Morvan ([3]) sur la présence de la sillimanite par métamorphisme dans les gneiss granulitiques. Les Cévennes montrent que ces gneiss à muscovite et sillimanite sont une formation géologique importante, caractéristique d'une zone du métamorphisme avec apport chimique. Elles permettent également d'observer la genèse des gneiss et granites à biotite et cordiérite qui constituent une autre zone de ce métamorphisme, liée à la précédente, et dont nous achevons l'étude.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le calcul de l'intervalle de temps $\mathfrak{T}$ entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules de l'ionosphère.* Note de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

On admet aujourd'hui que la région située à une hauteur plus grande que 100^{km} est divisée en deux couches ionisées distinctes E et F.

Sous notre latitude la couche E serait située à 100^{km} environ tandis que la couche F serait à 250^{km}.

Souvent pendant la journée chacune de ces deux couches se divise et l'on enregistre par la méthode des échos quatre couches E_1, E_2 et F_1, F_2.

Pour expliquer leur existence on suppose que la densité d'ionisation passe par un maximum dans chacune de ces couches. Si cette densité est suffisante l'onde employée subit une réflexion totale. De plus on admet que l'intervalle de temps entre deux chocs successifs est très grand par rapport à la période de l'onde employée.

Cette dernière hypothèse est nécessaire pour expliquer l'existence des échos retardés où interviennent de très petites vitesses de groupe. Mais elle est en désaccord avec l'existence des réflexions partielles sur deux couches successives.

M. Mihul et moi-même, nous avons montré ([1]) comment on peut

([3]) *Bull. Soc. Géologique de France*, 7, 1879, p. 110.

([1]) Th. V. Ionescu et C. Mihul, *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 388, et Mme I. Mihul et C. Mihul, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 340 et 1171, et 205, 1937, p. 363.

expliquer la plus grande partie des faits observés dans l'ionosphère, admettant qu'il n'y a qu'une seule couche à ionisation croissante avec l'altitude et que l'intervalle de temps $\mathfrak{T}$ entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules de l'ionosphère est constant, pour une hauteur donnée.

Le but de cette Note est d'expliquer la constance de $\mathfrak{T}$ et de calculer son ordre de grandeur pour une hauteur donnée.

Supposons qu'un photon dont la fréquence est suffisante pour ioniser une molécule de gaz rencontre une telle molécule. L'énergie du photon est absorbée par un électron de cette molécule qui la transforme en énergie cinétique et potentielle.

L'électron arrive sur une orbite de rayon r très grand, dans un temps qui est long par rapport à la durée du choc électron-photon.

Il y restera très peu de temps en comparaison avec le temps d'une révolution T_r sur cette orbite. Ensuite il tombera avec émission du photon.

Si, pendant ce temps, l'électron a acquis de l'énergie d'une onde électrique qui passe, il la transmettra à la molécule.

La relation

$$m\frac{d^2r}{dt^2}=-\frac{e^2}{r^2},$$

où m est la masse, e la charge de l'électron et r le rayon de l'orbite sur laquelle il arrive, donne l'expression suivante, où $\mathfrak{T}$ est la durée nécessaire à l'électron pour atteindre cette orbite et retomber ensuite :

$$\mathfrak{T}=\frac{2}{3}\sqrt{\frac{m}{2e^2}r^3}.$$

Cette dernière expression, associée à celle qui se rapporte à l'arrivée de l'électron sur l'orbite d'ordre $n(m\omega^2r^3=e^2)$, donne

$$\mathfrak{T}=\frac{\sqrt{2}}{3\pi}T_r.$$

Pour déterminer $\mathfrak{T}$ il suffit de connaître r, qui est fonction de la pression et de la vitesse de l'électron sur l'orbite.

J'ai montré ([2]) qu'on peut trouver les propriétés d'un électron en supposant qu'il roule sans glisser et que son rayon ρ varie en raison inverse de la

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 537.

vitesse. Ce rayon ρ est lié à l'onde associée à l'électron de M. L. de Broglie par la relation $2\pi\rho = \lambda_e = h/mv$.

Si la distance moyenne d entre deux molécules est plus petite que 2ρ, l'électron ne peut plus avancer, il doit revenir en arrière.

Puisque l'électron ne peut pas passer par la vitesse O, on peut montrer dans ce cas qu'il doit rouler sur une orbite de rayon $\rho = d/3$.

Des relations

$$v = \frac{h}{m\lambda_e} = \frac{h}{2\pi\rho m} = \frac{3h}{2\pi m d}, \qquad mv^2 = \frac{e^2}{r}, \qquad \omega = \frac{v}{r} \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{N} = d^3$$

on déduit

$$T_r = 16\pi \times \left(\frac{\pi}{3}\right)^3 \times \frac{m^2 e^2 d^3}{h^3} \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{T} = \mathfrak{T}_\rho = \frac{16\sqrt{2}}{3}\left(\frac{\pi}{3}\right)^3 \frac{m^2 e^2}{h^3 N}.$$

Des résultats numériques sensiblement égaux peuvent être obtenus en employant la mécanique ondulatoire. On trouve alors que l'électron sera réfléchi à la distance r où $\lambda_e/2 = a$.

Dans le Tableau ci-dessous, on trouve : la hauteur H en kilomètres ; la pression p en millimètres de mercure à 112° absolus, d'après Wegener ; le nombre N de molécules par centimètre cube ; le temps $\mathfrak{T}_\rho$ calculé d'après notre méthode ; le temps $\mathfrak{T}_B$ calculé d'après la mécanique ondulatoire, enfin $\mathfrak{T}_{ex}$ donné par l'expérience.

H.	p.	N.	$\mathfrak{T}_\rho$.	$\mathfrak{T}_B$.	$\mathfrak{T}_{ex}$.
50.......	$4,96.10^{-1}$	$1,76.10^{16}$	$3,3.10^{-10}$	$2,8.10^{-10}$	
100.......	$4,08.10^{-4}$	$1,44.10^{13}$	$3,8.10^{-7}$	$3,4.10^{-7}$	$3,35.10^{-7}$
150.......	$1,00.10^{-4}$	$3,56.10^{12}$	$1,6.10^{-6}$	$1,6.10^{-6}$	$5,5.10^{-7}$
200.......	$2,45.10^{-5}$	$8,69.10^{11}$	$6,44.10^{-6}$	$5,6.10^{-6}$	7.10^{-7}

Pour des altitudes plus grandes que 130km environ, $\mathfrak{T}_{ex}$ varie très peu avec la hauteur, ce qui montre que la pression ne doit pas diminuer rapidement. Ce fait s'explique généralement en admettant que l'ionosphère se dilate à cause de l'énergie absorbée pendant la journée.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur la culture du tissu cambial.* Note de M. **Roger Gautheret**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours de précédentes recherches, nous sommes parvenu à cultiver des fragments de tissu cambial de divers arbres, réalisant ainsi pour la première fois de véritables cultures de tissus végétaux ([1]). La croissance obtenue fut considérable, mais sa durée n'excéda pas huit mois ([2]); grâce à des repiquages réguliers nous avons pu améliorer le développement de nos cultures, mais il ne nous a pas été possible de le prolonger indéfiniment.

Des résultats analogues aux nôtres ont été obtenus par Nobécourt, qui est récemment parvenu à cultiver des tissus de carotte ([3]). Cet auteur n'a d'ailleurs pas précisé la nature du tissu dont il s'est servi, mais il semble bien qu'il s'agisse du tissu cambial. Ses cultures ont été repiquées régulièrement et se développent actuellement depuis environ deux mois.

Poursuivant nos premières expériences, nous avons étudié l'action de quelques substances excito-formatrices (chlorhydrate de cystéine, hétéro-auxine, vitamine B_1) sur le développement de fragments de tissu cambial de *Salix caproea*. Nous ne reviendrons pas sur les détails de notre technique qui ont été exposés antérieurement. Signalons simplement que le milieu de culture était constitué par la solution de Knop additionnée de 2 pour 100 de glucose et solidifiée par 1,5 pour 100 de gélose. Ce milieu renfermait, en outre, l'une des substances suivantes : hétéro-auxine (concentration allant de 10^{-10} à 10^{-4}), chlorhydrate de cystéine (concentration allant de 10^{-7} à 10^{-4}), vitamine B_1 (concentration allant de 10^{-12} à 10^{-6}). Les cultures témoins furent faites sur le même milieu, mais dépourvu de toute substance excito-formatrice.

Voici les résultats auxquels nous sommes parvenu : l'hétéro-auxine à forte dose (10^{-4} ou 10^{-5}) est nettement toxique et ne permet qu'un développement très faible des tissus cultivés. A faible dose, elle favorise la croissance des fragments de tissu cambial de *Salix caproea*. Même si la

---

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2195.
([2]) R.-J. Gautheret, *Recherches sur la culture des tissus végétaux. Essais de culture de quelques tissus méristématiques. Thèse Sciences*, Paris, 1935.
([3]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 521.

concentration en hétéro-auxine n'est que de 10^{-10}, le développement est supérieur à celui que l'on observe avec le milieu témoin. Le chlorhydrate de cystéine donne des résultats analogues, mais cette substance est peu toxique, même à une concentration relativement élevée (10^{-4}) La concentration optima semble être 10^{-6}.

Des trois substances que nous avons expérimentées, la vitamine B_1 est celle qui nous a procuré les meilleurs résultats ([4]). Quelle que soit la concentration à laquelle on l'utilise, ce composé détermine une croissance particulièrement rapide du tissu cambial de Saule.

Nous avons procédé au repiquage de nos cultures à peu près une fois par mois; cette opération consistait à sectionner les fragments de manière à séparer aussi complètement que possible le tissu néoformé de la partie préexistante. Les deux tronçons étaient ensuite transportés dans un milieu neuf. Le tissu néoformé ainsi repiqué continua à se développer, surtout en présence de vitamine B_1; au bout d'un mois ces cultures furent elles-mêmes fragmentées et repiquées; certaines de ces cultures ne comportant que du tissu néoformé ont été repiquées trois fois et se développent actuellement depuis quatre mois. Quant aux tronçons constitués par le tissu préexistant, ils continuèrent à proliférer et leur développement fut même plus rapide que celui de fragments récemment prélevés sur un arbre (du moins dans les milieux renfermant de la vitamine B_1). Au bout d'un mois, ces tissus avaient produit de volumineux massifs de parenchyme et nous avons procédé à un nouveau repiquage selon la technique indiquée précédemment. Actuellement ces cultures ont subi de deux à quatre repiquages et certaines se développent depuis cinq mois.

En résumé, nos expériences nous ont conduit aux résultats suivants :

1° L'hétéro-auxine, le chlorhydrate de cystéine et la vitamine B_1 peuvent exciter la prolifération du tissu cambial de *Salix caproea*, cultivé *in vitro;*

2° Le repiquage des cultures de tissu cambial permet d'entretenir leur croissance et nous avons actuellement des cultures qui prolifèrent activement depuis cinq mois.

([4]) Bonner, puis Robbins et Bartley ont montré que l'addition de vitamine B_1 à des milieux de culture contenant un sucre et des sels minéraux permet d'obtenir la croissance illimitée de racines isolées de tomate (*Science*, 85, 1937, p. 183 et 246).

ZOOLOGIE. — *Les Flagellés de l'*Acanthotermes ochraceus *Sjöst. du Sud-algérien.* Note de MM. **Octave Duboscq**, **Pierre-P. Grassé** et **Maurice Rose**, présentée par M. Charles Pérez.

Les seuls Protistes intestinaux étudiés jusqu'ici dans les *Anacanthotermes* sont ceux de l'*A. murgabicus* du Turkestan. T. Bernstein (1928) (¹) a fait connaître chez ce Termite huit Flagellés appartenant à des genres différents (*Trichonympha*, *Holomastigotoides*, *Holomatigotes*, *Microspironympha*, *Stephanonympha*, *Trichomonas*, *Eutrichomastix*, *Devescovina*).

Un autre *Anacanthotermes*, capturé en Égypte, *A. ochraceus*, a été observé par Kirby (1937) (²) qui, en quelques lignes, nous apprend que sa faune est semblable à celle de l'*A. murgabicus*.

Après avoir étudié des *A. ochraceus* provenant du Sud-algérien (El Goléa, In Salah), nous sommes d'avis que les faunes des *Anacanthotermes* du Turkestan et de l'Afrique du Nord sont similaires. Nous retrouvons chez *A. ochraceus* à peu près tous les genres signalés par Bernstein chez *A. murgabicus*.

Et d'abord, le beau *Trichomonas vermiformis* Bern. et l'*Eutrichomastix termitis* Bern. Puis un autre Tétramitidé correspondant à la *Devescovina elongata*; mais sa taille plus grande, sa vêture schizophytique nous laissent penser que l'espèce est différente et nous ne sommes pas d'avis d'en faire, comme Bernstein, une *Devescovina*. Classant cette forme dans les *Polymastix*, dont elle ne diffère que par la taille et le développement considérable du parabasal, nous l'appellerons *Polymastix lineata* n. sp.

L'*Holomastigotes magnum* Bern. est présent ainsi que la *Microspironympha porteri* Koidzumi.

Nous ne savons que penser de la *Stephanonympha dogieli* Bern., car nous n'observons, chez *A. ochraceus*, aucun Flagellé pluninucléé pouvant appartenir à cette espèce. Mais T. Bernstein décrit dans sa *Stephanonympha dogieli* des formes uninucléées à prolongements pseudopodiques, et de celles-ci nous trouvons les équivalents chez notre Termite algérien. Faut-il en faire des *Stephanonympha* ? Nous croyons plutôt que de telles formes s'apparentent aux *Oxymonas* ou aux *Microrhopalodina*.

La *Trichonympha turkestanica* Bern. appartient vraisemblablement au

(¹) *Arch. f. Protistenkunde*, 61, 1928, p. 9.
(²) *Univ. California Publ. Zool.*, 41, 1937, p. 189.

genre *Deltotrichonympha* de Sutherland. Ce genre, encore mal défini, a une forme de Δ due à l'extension des lignes flagellaires vers l'arrière et à la grande réduction de la zone phagocytaire postérieure. Ces caractères sont très marqués dans la *Trichonympha* de *A. ochraceus*. Elle montre en outre une ceinture lipidique située immédiatement au-dessous de l'ectoplasme, vers la limite postérieure des lignes flagellaires. Ses parabasaux s'appliquent sur le noyau, sans s'étendre au delà. Ils se terminent ainsi bien en avant de l'anneau lipidique, c'est-à-dire des extrémités postérieures des lignes flagellaires. Pour nous la *Deltotrichonympha* de l'*A. ochraceus* n'est pas la *D. turkestanica;* aussi en ferons-nous une espèce nouvelle en la nommant *D. numidica* n. sp.

La forme la plus intéressante que nous ayons observée dans l'*Anacanthotermes ochraceus* appartient à un nouveau genre et nous l'appellerons *Rostronympha magna* n. g., n. sp. Ses caractères sont ceux d'un *Holomastigotoides;* mais de la partie antérieure de l'animal sort une trompe rétractile qui peut atteindre une centaine de μ. Quand elle est étendue, elle présente deux ou trois constrictions et une surface annelée. Cette annélation devient très serrée et très saillante quand la trompe se contracte. L'extrémité est assez effilée; l'organe paraît massif et sert sans doute à fixer l'animal à la paroi de l'intestin.

La *Rostronympha* a des formes variables. Elle peut être trapue comme l'*Holomastigotoides cingulatum*, mais souvent sa partie antérieure ressemble à une cloche qui recouvre la partie postérieure plus ou moins rétrécie, au point de simuler parfois un manubrium de méduse. Sous les spires flagellaires s'alignent de nombreux petits dictyosomes, représentant un appareil parabasal multiple. Les dictyosomes, plus tassés aux extrémités postérieures des spires, constituent une ceinture qui marque la fin de la zone flagellifère. La partie postérieure phagocytaire a une épaisse vêture schizophytique. Le noyau, assez gros (24^{μ}), est placé vers l'avant, non loin de la base de la trompe.

Notons que certains stades (stades jeunes) manquent de trompe et se trouvent ainsi correspondre à de vrais *Holomastigotoides*. L'animal que nous venons de décrire paraît bien différent de l'*Holomastigotoides cingulatum* Bern., mais on peut se demander si lui aussi n'aurait pas de trompe, au moins à certains stades, et ne devrait pas entrer dans le genre *Rostronympha*.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la vitamine* B_1 *sur l'activité de l'acétylcholine*. Note de MM. **Bruno Minz** et **René Agid**, présentée par M. Louis Lapicque.

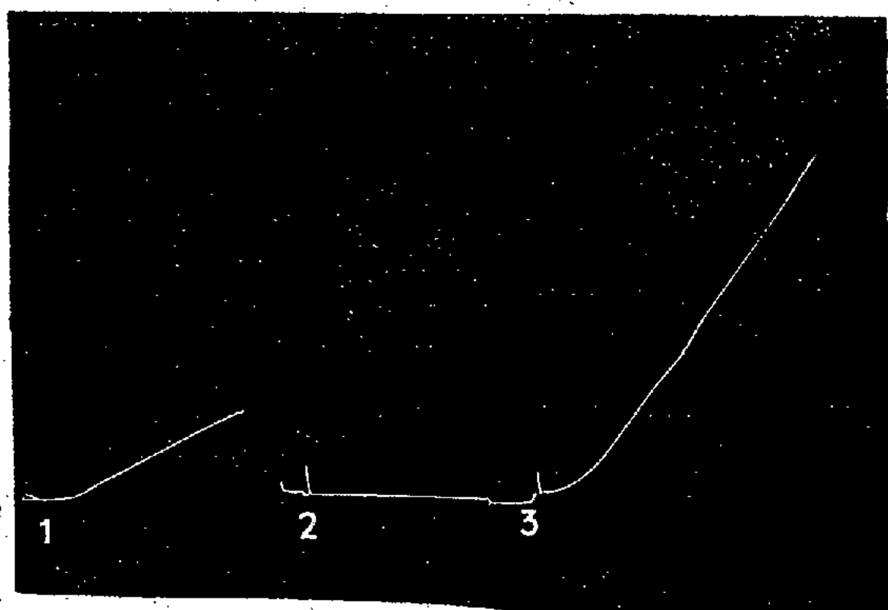
L'un de nous [1] avait constaté dans une série de recherches la présence dans le tronc du nerf vague excité d'une substance susceptible de sensibiliser l'action de l'acétylcholine sur le muscle dorsal de la Sangsue. Comme d'autres expériences plus récentes l'ont montré, le degré d'activité de ce corps se révélait indépendant de la concentration employée. A partir d'une certaine concentration on observait même un effet inverse. L'allure du phénomène faisait penser à un mécanisme fermentaire. Minz et F. Loew (recherches inédites) ont ensuite réussi à retrouver une substance d'une activité analogue dans des extraits de levure. Étant donné la richesse de la levure en vitamines, surtout en un groupe de vitamines dont la déficience produit des troubles nerveux caractérisant le beriberi et qui jouent par conséquent un rôle de premier plan dans la régulation du système nerveux, nous avons recherché si la substance sensibilisante présente dans le tronc du nerf excité ne pouvait pas être identique à la vitamine B_1, vitamine *antinévritique*.

Nous avons employé la vitamine B_1 sous forme cristallisée. Comme test biologique, nous nous sommes servis de muscle dorsal ésériné de la Sangsue, test spécifique de dosage de l'acétylcholine élaboré par B. Minz. Ajoutons à cette préparation une fois stabilisée la même quantité d'acétylcholine (1/100 millions) à plusieurs reprises. Les courbes enregistrées montrent la même hauteur et la même forme. Après l'action pendant quelques minutes d'une solution de vitamine B_1 la sensibilité du muscle change. La même quantité d'acétylcholine déclenche alors un effet plus intense et d'une durée plus prolongée. Comme le montre la figure, cette action est d'une netteté indéniable. Dans des cas où nous avons employé de fortes concentrations de vitamine, la première dose d'acétylcholine ajoutée tout de suite après a eu une action plus faible. Elle fait cependant place à une sensibilisation nette après remplacement de cette première solution. La même quantité d'acétylcholine ajoutée alors exerce

(1) Binet et Minz, *Arch. Intern. de Physiol.*, **42**, 1936, p. 281.

une action qui dépasse de beaucoup celle provoquée par la même dose avant l'administration de la vitamine B_1. L'effet sensibilisateur de ce corps dépend donc d'une part du temps de son action, d'autre part de sa présence dans la cellule à une concentration appropriée, c'est-à-dire d'un certain rapport optimum entre la concentration du corps et celle de l'acétylcholine.

Quel est le mécanisme de cette action sensibilisante de la vitamine B_1 ? La vitamine n'a aucune action directe ni sur le muscle normal ni sur le muscle ésériné. Elle n'empêche pas non plus l'inactivation de l'acétylcholine par la cholinestérase. Ceci résulte des expériences suivantes. Après



Muscle dorsal de sangsue ésériné. Effet d'une même dose d'acétylilioline (1 : 100 millions).
1, avant action de la vitamine B_1; 3, après action de la vitamine B_1.
La solution de vitamine B_1 ajoutée en 2 n'a aucune action directe.

avoir prélevé trois échantillons de sang chez un chien ayant reçu au préalable du *chlorazol fast pink*, pour rendre le sang incoagulable, nous avons ajouté au premier de l'ésérine + acétylcholine, au deuxième de la vitamine B_1 + acétylcholine et au troisième enfin la même quantité d'acétylcholine seule. Tandis que ces deux dernières prises d'essai se montraient inactives sur la sangsue ésérinée, l'action de la première était intégralement conservée. Comme nous l'avons constaté enfin, la présence de sang n'inhibe pas l'effet sensibilisateur de la vitamine B_1. La vitamine B_1 présente donc des propriétés biologiques sensiblement identiques à celles de la substance sensibilisante du tronc nerveux excité.

Nous poursuivons ces recherches dont les détails seront prochainement résumés dans un Mémoire d'ensemble.

MICROBIOLOGIE. — *Immunité croisée entre la fièvre boutonneuse et la fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses. Vaccination du cobaye contre ces deux maladies par un virus vivant bilié de fièvre boutonneuse.* Note [1] de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Félix Mesnil.

En 1931, Blanc et Caminopetros affirmaient l'identité ou tout au moins l'étroite parenté des virus de la fièvre boutonneuse et de la fièvre pourprée. Brumpt (1932) considérait les deux infections comme distinctes. La même année, Badger apportait la preuve de l'identité antigénique des deux virus par quelques expériences d'immunité croisée sur le cobaye (2 de pourprée contre boutonneuse et 3 de boutonneuse contre pourprée). Felix, en 1933, étudiant les caractères sérologiques des deux maladies, les ramenait également à un même type. Davis et Parker, cependant, constataient que leur vaccin tué immunisait bien les cobayes contre la pourprée, mais non contre la boutonneuse. Plus tard, Hass et Pinkerton (1936) faisaient la même constatation. Néanmoins, se basant sur leur expérimentation (6 cobayes) et surtout sur les caractères histologiques (*Rickettsia* intranucléaires), ils arrivent à confondre les parasites des deux virus en une même espèce (*Dermacentroxenus rickettsi*).

Entretenant depuis 3 ans ces deux virus sur cobayes et sur Rhipicéphales, nous-mêmes avons eu l'occasion de vérifier à de nombreuses reprises l'identité antigénique absolue des deux maladies.

Nous avons utilisé pour ces expériences cinq virus différents de fièvre boutonneuse : 1 isolé de *Rhipicephalus sanguineus* prélevés sur des chiens de Marseille par le Pr. Joyeux, 2 isolés de *Rhipicephalus sanguineus* du Maroc, 2 enfin isolés au Maroc de cas humains de fièvre boutonneuse [2].

Le virus de fièvre pourprée est celui du Pr. Parker, entretenu à Paris par le Pr. Brumpt, qui nous l'a fait parvenir en 1934, sur *Dermacentor reticulatus*.

A. Immunité conférée par la fièvre boutonneuse contre la fièvre pourprée.

1. *Expériences sur le cobaye.* — 73 cobayes mâles inoculés par voie intrapé-

---

[1] Séance du 27 septembre 1937.

[2] Le virus qui, par sa régularité, nous a permis les expériences les plus nettes (en particulier sur l'homme) est celui isolé de l'homme et entretenu sur cobayes depuis 15 mois par notre collègue Noury sous le nom de Bo III (M. Noury, *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1937, p. 839).

ritonéale avec boutonneuse, réinoculés par voie intrapéritonéale ou intracutanée avec pourprée. 21 cobayes femelles inoculés par voie intracutanée avec boutonneuse, réinoculés par voie intrapéritonéale ou intracutanée avec pourprée. Le résultat de ces expériences a été constant, aucun des animaux éprouvés n'a fait de fièvre pourprée.

II. *Expériences sur le singe.* — Trois *Macacus sylvanus* de l'Atlas marocain ont été inoculés avec le virus de boutonneuse. Deux ont fait une infection fébrile, le troisième n'a pas réagi. Tous trois éprouvés avec du virus de pourprée résistent, alors que deux singes témoins meurent.

III. *Expériences sur l'homme.* — Il était à prévoir que l'immunité croisée absolue, contrôlée sur un nombre élevé d'animaux (97), n'était pas moins forte chez l'homme. Quatre personnes se sont prêtées à cette vérification; toutes quatre avaient eu une fièvre boutonneuse fébrile, éruptive et dont la nature avait été établie cliniquement et expérimentalement. Après qu'on eut vérifié que leur immunité était absolue contre la boutonneuse, elles furent éprouvées par inoculation d'une forte dose de virus de pourprée, dose qui provoqua une maladie mortelle chez les animaux témoins, cobayes et singes (*Macacus sylvanus*). Suivis pendant plus d'un mois, ces sujets n'ont montré aucun symptôme d'infection, le virus recherché dans leur sang n'a pu être décelé. Ils avaient une immunité parfaite contre la pourprée.

B. Essais de vaccination contre la pourprée par le virus modifié de la fièvre boutonneuse. — Nous avons alors cherché à modifier et si possible à rendre inapparente l'infection boutonneuse immunisante, comme nous étions parvenus à le faire avec le virus murin pour la vaccination contre le typhus. De cette expérimentation, actuellement en cours, nous rapportons ici les premiers résultats obtenus sur le cobaye. L'un de nous ([3]) a montré que le virus de la fièvre boutonneuse, comme celui du typhus murin, inoculé dans la peau du cobaye, y provoquait une lésion locale spécifique, accompagnée d'infection générale. Plus tard, cherchant à élucider le mécanisme de l'action de la bile sur le virus du typhus murin ([4]), nous montrions que la bile, au taux où nous l'utilisions pour la vaccination humaine, était capable de « paralyser » l'action des virus les plus forts introduits dans la peau du cobaye, au point d'empêcher toute réaction locale ou générale. Cependant cette inoculation silencieuse conférait au

([3]) M. Baltazard, *Bull. Soc. Path. Exot.*, **29**, 1936, p. 403, et *Arch. Inst. Pasteur Maroc*, **1**, 1936, p. 507.
([4]) G. Blanc et M. Baltazard, *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 428.

cobaye une infection inapparente puisqu'elle créait une immunité rapide et absolue et que le virus pouvait être retrouvé dans les organes dans les jours suivant l'inoculation.

Cette même technique, adjonction de bile au taux de 5 pour 100 à des broyats concentrés d'organes virulents, inoculés dans la peau du cobaye après 15 minutes de contact *in vitro*, nous a donné pour le virus de la boutonneuse des résultats identiques à ceux que nous rapportions ([3]) pour le Typhus murin. Ces expériences ont porté sur 27 cobayes, dont 4 mâles et 23 femelles. Inoculés par voie intracutanée avec le virus de boutonneuse bilié à 5 pour 100, aucun de ces cobayes n'a fait de réaction locale ni générale. Huit ont été éprouvés avec du virus de boutonneuse, la moitié par voie intrapéritonéale, l'autre moitié par voie intracutanée ; aucun ne s'est infecté. Quatorze ont été éprouvés par voie intrapéritonéale avec du virus de pourprée; tous ont résisté alors que les cobayes témoins sont morts.

Résumé et conclusions. — 1° L'immunité conférée par la fièvre boutonneuse contre la fièvre pourprée est totale. Elle est aussi forte chez l'homme que chez les animaux de laboratoire.

2° Il est possible de déterminer, chez le cobaye, par inoculation intracutanée de virus bilié de fièvre boutonneuse, une infection inapparente qui donne à cet animal une immunité aussi forte contre la pourprée que contre la boutonneuse.

3° Les recherches actuellement en cours tendent à mettre au point la technique permettant de déclencher chez l'homme, par inoculation de virus vivant, une infection inapparente ayant la même innocuité et la même efficacité que celle du cobaye.

PHYSIOPATHOLOGIE COMPARÉE. — *La laine du Mouton ostéomalacique.* Note de M. **René Salgues**, présentée par M. Charles Achard.

Au nombre des dystrophies osseuses consécutives à un trouble du métabolisme phospho-calcique, l'ostéomalacie occupe une place éminente. Dans le groupe des ostéopathies, on peut la considérer comme le rachitisme de l'adulte ou l'assimiler à une forme sévère d'ostéoporose. Elle revêt d'ailleurs les aspects les plus divers :

Physiologique (la seule spontanément curable, évoluant vers la guérison dès qu'en est supprimée la cause), ostéomalacie gravidique fruste et du

part, reconnaissant une perturbation du cycle phospho-calcique exacerbé par l'emprunt fœtal;

Paralysie des cages, maladie de claustration et de réduction spatiale, compliquée parfois de régime inapproprié et trop riche en hydrates de carbone (encore que l'acidose ne provoque pas l'ostéomalacie), fréquente jadis chez les animaux sauvages en captivité, rare aujourd'hui avec l'amélioration des conditions de celle-ci et la mise en pratique de judicieuses données diététiques. Les Primates y payaient lourd tribut : c'est essentiellement une ostéo-myomalacie parétique;

Infectieuse. Moussu a mis en évidence cette affection due à un coccobacille et se traduisant par une décalcification homogène;

Aphosphorose, sur laquelle nous allons insister.

Les altérations du squelette intéressent le thorax, les vertèbres, le pelvis; à peu près constante et fort curieuse est la déformation du bassin. On note une réduction du tissu spongieux épiphysaire, un amincissement du cortex diaphysaire, un évidement marqué du sinus médullaire, la prépondérance du tissu ostéoïde. Les os sont plus riches en matière organique, graisses principalement, et en eau, beaucoup plus pauvres en cendres, à l'exception de la magnésie, la diminution du phosphore est proportionnellement moindre que celle du calcium. Il y a hypophosphatémie (l'abaissement progressif du taux d'orthophosphates incite les sujets atteints à l'ostéophagie), hypocalcémie, hyperkaliémie et hyponatrémie, hyperthionémie. Calciurie, phosphaturie, magnésiurie, très exagérées le plus souvent, peuvent se compliquer d'une hémi-albumosurie de type Bence-Jones, de règle dans les myélomes. En outre, on note la suppression du cycle de l'œstrus chez la plupart des femelles domestiques et une ostéomyolyse pénienne chez le Chien (Salgues). L'arrêt d'ovulation et la disparition des règles ont été observés par nous chez trois Primates ostéomalaciques; dans deux cas, il y avait bilatéralité de lésions microkystiques des gonades. Aux stades avancés de l'affection, la cachexie ne fait jamais défaut.

On sait que, en ce qui concerne la production de la laine, l'aphosphorose est d'une grande importance chez les Mérinos. Les observations recueillies en Australie et en Afrique du Sud ont montré que la laine fine recherchée par les manufactures de Bradford, en Angleterre, était un produit de moutons souffrant légèrement d'aphosphorose (Theiler). Intéressé par la constatation d'une carence pondérale de laine chez des moutons ostéomalaciques, j'ai poursuivi quelques investigations sur un Mérinos de Crau (mâle), sur un Mérinos de Rambouillet (mâle), sur une Brebis de race

Charmoise, comparativement avec des sujets indemnes d'ostéomalacie. Je les résume dans le Tableau ci-dessous :

	Mérinos de Crau		Mérinos de Rambouillet		Brebis charmoise	
	sain.	ostéo-malacique.	sain.	ostéo-malacique.	saine.	ostéo-malacique.
Poids en kilos.......	47,6	41,2	49,4	40,0	34,3	29,1
Poids de la tonte....	2,85	1,04	5,82	3,06	2,25	0,94
Diminution pour 100		63,6		47,5		58,3
			Composition chimique.			
Eau...............	14,22	19,43	15,11	19,54	12,42	20,33
Matière sèche.......	85,78	80,57	84,89	80,46	87,58	79,67
			100g de substance sèche contiennent :			
Protéines..........	67,81	64,12	54,46	52,11	58,29	57,04
Matières grasses.....	9,58	10,14	14,62	16,08	13,43	13,57
Cendres...........	10,04	6,43	13,29	9,01	11,65	7,84
Indosés.............	12,57	19,31	17,63	22,80	16,63	21,55
			100g de cendres contiennent :			
Calcium en CaO....	32,01	37,63	34,24	39,55	32,49	38,53
Phosphore en P^2O^5..	25,04	18,89	25,16	20,11	24,12	17,26
Rapport CaO/P^2O^5..	1,33	1,99	1,36	1,96	1,34	2,23

L'ostéomalacie se traduit donc chez les races à laine de Moutons, en n'envisageant que le produit de la tonte, par un déficit pondéral atteignant en moyenne 56, 4 pour 100 ; du point de vue chimique, par une diminution du taux de substance sèche et, dans celle-ci, par un pourcentage constamment moins élevé en protéines et en cendres, légèrement augmenté en ce qui concerne les matières grasses. La déminéralisation de la laine porte exclusivement sur le phosphore. L'élévation de la valeur du rapport CaO/P^2O^5 est particulièrement significative. Ajoutons encore que, pratiquement, il y a prédominance accusée de la blousse sur le peigné.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Prémunition du lapin contre l'épithéliome expérimental de Brown-Pearce.* Note de M. **Henri Emery**, présentée par M. Louis Martin.

Nos recherches ont porté sur diverses tumeurs, mais nous nous bornons aujourd'hui à indiquer les résultats acquis avec l'épithéliome de Brown-Pearce.

Cette tumeur est particulièrement maligne lorsque l'injection est faite par voie intra-testiculaire, il est possible d'obtenir ainsi un pourcentage élevé de résultats positifs allant jusqu'à 95 pour 100.

Dans toutes nos expériences nous avons préparé le matériel d'inoculation en suivant la technique de Besredka : des fragments de tumeur, finement découpés aux ciseaux, sont triturés au mortier en ajoutant peu à peu de l'eau physiologique jusqu'à obtenir une bouillie assez épaisse. Cette bouillie, tamisée sur toile fine, donne une émulsion homogène qui passe très bien dans une aiguille de seringue.

En utilisant cette technique, nous avons inoculé parallèlement des lapins neufs servant de témoins, et d'autres lapins ayant reçu au préalable soit par voie intra-dermique, soit par scarification, et ceci 15 jours à 3 mois auparavant, une dilution au 1/10e de culture de vaccine.

Celle-ci provient d'un laboratoire spécialisé dans la culture des ultra-virus à l'Institut Pasteur.

Quel que soit le mode d'inoculation de la tumeur, intra-dermique ou intratesticulaire, les lapins ayant été traités au préalable par la vaccine n'ont pas pris la tumeur, alors que le résultat a été chaque fois positif sur les sujets témoins n'ayant reçu l'inoculation préventive de vaccine. Notre dernière épreuve intratesticulaire date de 4 mois et reste négative.

Nous poursuivons nos recherches en étendant les expériences, et nous élargissons également notre étude dans le même sens en l'appliquant à diverses tumeurs.

Des résultats constatés peut-on conclure en faveur d'une immunisation vis-à-vis de la tumeur ou y a-t-il simplement une résistance passagère conférée à l'organisme traité préventivement par la culture de vaccine? Nos travaux en cours, particulièrement la réinoculation d'épithéliome aux survivants, nous permettront bientôt de nous en rendre compte.

La séance est levée à 15h20m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1937.

Quelques observations inédites ou peu connues sur le volcan de Bourbon au XVIII[e] *siècle*, par Alfred Lacroix, extrait de la 21[e] livraison du *Recueil trimestriel de documents et travaux inédits pour servir à l'histoire des Mascareignes françaises.* Saint-Denis, 1937; 1 vol. 25[cm].

The Rice Institute Pamphlet, vol. XXIV, July 1937, n° 3. *Lectures and Addresses by Members of the Mission Nationale Française Cavelier de La Salle.* Houston, The Rice Institute, 1937; 1 vol. 23[cm] (présenté par M. Georges Perrier).

Revue internationale de législation pour la protection de la nature. Afrique Equatoriale Française, 1925-1929. Bruxelles, Office international pour la protection de la nature, 1937; 1 vol. 24[cm].

La glande pinéale ou épiphyse, par P. Roux. Rennes, Imprimerie Oberthur, 1937; 1 vol. 24[cm] (présenté par M. E. Leclainche).

Carte géologique de l'Indochine, 1/500000[e], feuille n° 11. *Hué*, par J. H. Hoffet, R. Bourret. Hanoï, Service géographique de l'Indochine, 1935; 2 pl. 65[cm],5 × 57[cm],5.

Notice sur la feuille de Hué, par J. H. Hoffet. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1935; 1 fasc. 24[cm],5.

Carte géologique de l'Indochine, 1/500000[e], feuille n° 12. *La Tourane*, par J. H. Hoffet, H. Counillon, R. Bourret. Hanoï, Service géographiqne de l'Indochine, 1935; 2 pl. 65[cm],5 × 57[cm],5.

Notice sur la feuille de Tourane, par J. H. Hoffet. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1935; 1 fasc. 24[cm],5.

Carte géologique de l'Indochine française, 1/2000000[e], dressée par Jacques Fromaget. Hanoï, Service géographique de l'Indochine, 1937; 2 pl. 58[cm] × 85[cm].

Études géologiques dans le centre du Tonkin. Recherche des éléments reconnus plus au Sud, par Étienne Patte, in *Bulletin du Service géologique de l'Indochine*, vol. XXI, fascicule unique. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1934; 1 fasc. 27[cm],5.

Note préliminaire sur les formations cénozoïques et plus récentes de la chaîne annamitique septentrionale et du Haut-Laos. (*Stratigraphie*, *Préhistoire*, *Anthropologie*), par Jacques Fromaget et Edmond Saurin, in *Bulletin du Service géologique de l'Indochine*, vol. XXII, fasc. 3 et dernier. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1936; 1 fasc. 27[cm],5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 OCTOBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'absorption du rayonnement solaire par l'atmosphère dans la bande* A. Note (¹) de M. **Pierre Lejay**.

Un grand spectrographe a été monté en 1935 à l'observatoire de Zo Sé, pour l'étude de la répartition de l'énergie dans le spectre solaire : un héliostat éclaire une fente située à 13^{m} d'un prisme de flint de 16^{cm} de base, de $17^{cm},5$ de hauteur. Le faisceau réfracté est repris par un objectif non achromatique qui forme un spectre sensiblement plan, fortement incliné sur l'axe optique. Ce spectre est exploré par une fente mobile, entraînée sur un chariot. La radiation isolée est renvoyée, symétriquement par rapport au plan du spectre, sur un second système dispersif semblable au premier, qui élimine la lumière diffuse et forme une image finale *fixe*, quelle que soit la longueur d'onde de la lumière sélectionnée par la fente mobile, sur un couple thermo-électrique relié à un galvanomètre.

Les prismes sont fixés au minimum de déviation pour le rouge; les largeurs de fente ont été maintenues constantes pendant deux ans, au cours desquels deux cents spectres ont été enregistrés, de $0,5$ à 2^{μ}.

L'objet de la présente Note portera uniquement sur les résultats de nos mesures de l'absorption dans la bande A de l'oxygène (7718-7593 Å).

Il est facile de voir qu'en mesurant sur les enregistrements le rapport de l'énergie au fond de la bande (i) à celle qu'on aurait sur le spectre

(¹) Séance du 12 juillet 1937.

enveloppe (I), pour la même longueur d'onde, rapport que nous appellerons transmissibilité en A, on obtient une grandeur qui dépend de l'absorption par l'oxygène, et indépendante des autres causes d'absorption dans l'atmosphère, diffusion par les molécules, poussières etc.

1° La bande A est composée, comme on sait, de raies fines dont la structure individuelle n'est pas bien connue. Comme ces raies deviennent visibles, pour des épaisseurs d'oxygène faibles de l'ordre de quelques mètres ([2]), on peut penser que l'absorption est pratiquement totale au centre de la raie; on aurait pu croire aussi que les bords étaient abrupts. Il n'en est rien : si cette supposition était exacte l'absorption, dans la bande intégrée comme nous le faisons, avec une fente large, correspondant à environ $0^{\mu},0040$, ne varierait pas sensiblement avec l'épaisseur d'oxygène traversée. Or, si nous portons sur un graphique les valeurs des inverses de la transmissibilité (coefficients de transparence), en fonction de la masse atmosphérique traversée, les 200 points s'alignent, en moyenne, sur une courbe régulière : la transmissibilité T, qui est de 0,5 au zénith, sous pression normale, n'est que de 0,30 pour une masse 2,20; 0,25 pour une masse 3,60; 0,20 pour une masse 5,20.

W. H. J. Childs ([3]), s'appuyant sur les travaux théoriques de A. Dennison ([4]), arrive à la conclusion que la largeur effective d'une raie (rapport de l'énergie enlevée par la raie et de l'énergie du fond continu du spectre, grandeur indépendante de l'ouverture de la fente du spectrographe) serait proportionnelle à la racine carrée de la masse atmosphérique. Cette conclusion théorique ne paraît pas compatible avec nos résultats précédents. Si elle était exacte, en effet, la *largeur effective* de la bande entière, somme des largeurs effectives des raies composantes, serait, elle aussi, proportionnelle à la racine carrée de la masse atmosphérique. Or le rapport de l'énergie absorbée dans la bande à l'énergie du fond continu du spectre est mesurable sur les enregistrements. Il est très sensiblement égal à $1 - i/I = 1 - T$.

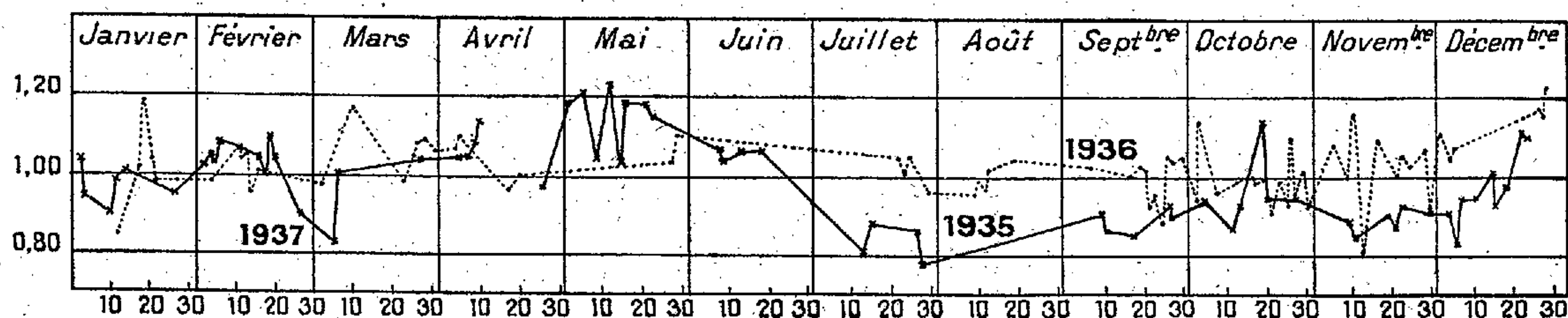
En portant sur un graphique les logarithmes de ces quantités en fonction des logarithmes de la masse atmosphérique, on constate que les points se placent, non sur une droite, mais sur une courbe qui a bien une pente un demi pour les masses comprises entre 1 et 2, mais qui n'a plus qu'une

([2]) *Philos. Mag.*, 14, 1932, p. 1049.
([3]) *Astrop. Journ.*, 77, 1933, p. 215.
([4]) *Phys. Rev.*, 31, 1928, 511.

pente un quart pour une masse 4. La loi établie par Childs ne semble donc valable qu'en première approximation et pour des épaisseurs faibles.

2° La courbe des coefficients de transparence en fonction des masses atmosphériques, que nous avons construite entre les masses 1 et 9, est peu incurvée et peut, par suite, être extrapolée avec assez de précision jusqu'à la masse 0. On constate que cette courbe passe alors par le point représentatif du coefficient de transparence unité, *ce qui prouve que la bande* A *est entièrement d'origine tellurique.*

3° Sur la courbe précédente, les points ne s'alignent qu'en moyenne; ils s'écartent systématiquement de la courbe à certains jours et à certaines époques. On trouve de longues périodes (été 1936) où l'absorption est anormale de quantités qui correspondraient à une diminution de 10 pour 100 de l'épaisseur effective d'oxygène. Les absorptions tirées des séries de spectres pris le même jour vers midi, au contraire, réduites à la masse atmosphérique unité, sont généralement concordantes à 1 ou 2 pour 100 près, limites des erreurs de relevés.



Variations relatives de *l'épaisseur* effective de l'oxygène, avril 1935-avril 1937.

Lorsque la distance zénithale du Soleil augmente, les écarts accidentels deviennent plus grands, atteignant 5 pour 100, mais on constate aussi des variations systématiques considérables : ainsi les mesures du matin nous donnent des valeurs de l'absorption plus faibles que celles du soir, pour la même hauteur du Soleil, les écarts dépassant 10 pour 100. Si la teneur en oxygène dans l'air est presque constante, comme semblent l'indiquer les résultats des prises d'air par ballon-sonde (⁵), ces variations ne paraissent pas devoir s'expliquer autrement que par des répartitions différentes des températures en fonction des pressions.

4° L'hypothèse avancée autrefois qu'une partie de l'absorption dans cette région du spectre solaire serait due à la vapeur d'eau est contredite

(5) Regener, *Quarterly Journ. of the R. Meteor. S.*, 62, sup. 1936, p. 72.

par le fait que la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air, mesurée par le même instrument dans les bandes de l'infrarouge, varie ici dans le rapport de 1 à 10, entre l'hiver et l'été, tandis qu'aux mêmes époques, l'absorption dans la bande A varie légèrement et en sens inverse.

La courbe suivante représente les variations de l'épaisseur effective de l'oxygène, au cours des deux années avril 1935-avril 1937. Pour déterminer l'épaisseur effective, on a tracé la courbe moyenne des coefficients de transparence en fonction des masses atmosphériques, on y lit la masse qui correspondrait au coefficient de transparence mesuré sur un spectre, et l'on calcule d'après la hauteur du Soleil la masse réellement traversée. L'épaisseur effective est le rapport de ces deux nombres.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité chez les descendants de l'*Helianthus Dangeardi *L. D.* Note de M. **Lucien Daniel**.

Dans cette Note, j'examinerai 1° les semis d'un an faits en 1936 et en 1937; 2° les descendants du semis 1936 laissés en place en 1937; 3° les types sélectionnés au cours des générations antérieures.

Premier groupe. — Les 371 pieds du semis de 1937 et les 840 du semis de 1936 étaient tous différents entre eux, comme à l'ordinaire. Ils présentaient de nombreuses variantes chez les plantules, chez les types adultes ou lors du passage à l'état de vie ralentie. Il y avait des individus restant à l'état de rosette; d'autres étaient dégénérés. Quelques-uns étaient unitiges, parfois sans traces d'inflorescence ou avec un seul capitule, quand d'autres, très ramifiés, étaient couverts de fleurs. Parmi les plus intéressants, il faut citer deux formes nouvelles d'*Helianthus tuberannuus* et la présence de 80 individus sur 840 portant des tubercules aériens en 1936 et de 28 sur 371 en 1937. La présence de rhizomes aériens, de racines aériennes et la fragilité d'attache des rameaux étaient plus ou moins fréquentes, et montraient la persistance de l'hérédité acquise, à la neuvième et à la dixième génération sexuées.

Deuxième groupe. — En 1937, j'ai laissé sur place les 840 pieds du semis de 1936 en réduisant suffisamment le nombre des tubercules souterrains des pieds vigoureux pour qu'ils n'étouffent pas les pieds faibles. Leurs caractères se sont maintenus chez ceux qui avaient fleuri en 1936. Les types à rosette, les dégénérés ou à développement incomplet l'an dernier sont ou restés nains, ou souffreteux ou bien ont repris vigueur. Leurs

caractères particuliers étaient tellement variés au point de vue pratique que je me suis adjoint des horticulteurs qualifiés pour en faire la sélection.

Leur embarras a été aussi grand que le mien. Cependant nous avons choisi les nouveaux *H. tuberannuus*, une forme naine très intéressante par ses petites fleurs, nombreuses, à ligules étroites, ainsi qu'une forme vigoureuse, très florifère, à longues ligules enroulées à leur pointe à la façon de certains Dahlias et quelques autres types à tiges portant des sortes de tubercules à la place des capitules.

Un fait important est à signaler ici. L'hérédité des caractères acquis s'est révélée plus importante à la deuxième année du développement qu'à la première. Des tubercules aériens existent en ce moment sur 197 individus, ce qui fait une augmentation de plus du double. On pouvait encore constater l'accentuation des rhizomes aériens et des racines-moignons, moins prononcée cependant que celle des tubercules aériens.

Troisième groupe. — Ce groupe comprend les variétés obtenues au cours des huit premières générations. Les unes ont été sélectionnées au point de vue alimentaire; les autres à celui de l'ornement ou pour leur intérêt scientifique. La variété la plus ancienne, obtenue en 1911, que j'ai appelée *Helianthus Mangini* en 1921, a conservé ses caractères, multipliée par tubercules, ainsi que ses variétés améliorées. Il en a été de même pour l'*H. Dangeardi* qui donne régulièrement des tubercules aériens depuis 14 ans, pour l'*H. Costantini* à racines tuberculeuses, l'*H. angustifolius*, à feuilles étroites, l'*H. monstruosus* etc. Les types à phyllotaxie modifiée, à feuilles ternées ou verticillées, ne se maintiennent pas toujours complètement par multiplication végétative. L'hérédité peut se manifester sur les descendants d'un ou plusieurs tubercules souterrains et non sur d'autres. Quelquefois elle reste plusieurs années sans se manifester puis elle réapparaît plus ou moins marquée; elle est alors intermittente.

Les *Helianthus tuberannuus* méritent une mention spéciale. En général, ils conservent leurs caractères intermédiaires entre ceux du Soleil annuel et du Topinambour. Dans les jardins de mon laboratoire, les formes *grandiflorus*, *longifolius* et *Cavalieri* avaient donné des tubercules aériens et des monstruosités en petit nombre, l'année de leur obtention, en 1933. Ces phénomènes ont complètement disparu depuis, bien que placés dans le même terrain. Cultivés au jardin des plantes de Rennes, en plate-bande, l'*H. longifolius* a, sur un seul pied, donné des tubercules aériens en 1935 qui ne se sont plus montrés en 1936 et en 1937. Cette année l'*H. Cavalieri* porte sur un exemplaire seulement, un rameau fascié, contourné plusieurs

fois et portant à son sommet trois capitules soudés par leur base. C'est un nouvel exemple d'hérédité intermittente.

L'*H. tuberannuus crispus* s'est comporté d'une façon plus curieuse encore. Obtenu en 1932, il s'est montré fixe jusqu'en 1936, époque à laquelle des tiges fasciées se sont formées chez deux individus. Actuellement il porte des rameaux monstrueux fasciés à des degrés divers avec des capitules plus ou moins anormaux et de singuliers tubercules aériens. Les uns sont normaux, gros et feuillés à peine, de couleur violacée; d'autres sont courts et se terminent par un capitule en bouton. Il y en a qui, sous l'influence des pluies de septembre, sont passés de nouveau à la vie active et se sont allongés en une tige s'amincissant progressivement pour se terminer par un capitule fleuri. Une enfin, longue de plus de 50^{cm}, porte à la fois un gros renflement tuberculeux à son insertion; sur l'autre, des capitules latéraux et un terminal qui sont tous en fleurs. Chez quelques-unes de ces formations, la partie terminale herbacée a pourri et est envahie par des moisissures. Cette apparition du caractère tuberculisation aérienne après cinq ans de latence fait voir qu'il faut longtemps observer les formes du Topinambour pour affirmer qu'un caractère manque ou bien est labile, comme on le croirait à la suite de quelques expériences négatives. Dans ce genre de recherches, comme je l'ai toujours dit, le facteur *temps* et la *continuité* jouent un rôle fondamental.

Je signalerai enfin le retour à la forme juvénile en rosette ou rampante du Topinambour ayant servi d'hypobiote à des Absinthes ou à des *Senecio*, qui, quoique bien soudés, s'étaient rabougris et avaient fini par mourir à la fin de l'été. Pareil retour s'observe à la suite de la décapitation chez l'*Eucalyptus* et quelques autres espèces. Il n'avait pas été signalé chez le Topinambour.

En déposant sur le bureau un Ouvrage, M. J.-L. Faure s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie la nouvelle édition du petit livre *Au Groenland avec Charcot*, où j'ai raconté la croisière de 1932 sur le *Pourquoi-Pas ?* à l'occasion de l'année polaire, croisière à laquelle j'avais pris part avec notre confrère M. C. Maurain, qui en avait la direction scientifique.

Cette nouvelle édition n'est que la reproduction intégrale de la première, à laquelle j'ai seulement ajouté quelques pages consacrées à la mémoire

de Charcot et de ceux qui ont disparu avec lui dans le naufrage du 16 septembre 1936.

Je remets donc ce petit livre à l'Académie en souvenir de notre confrère JEAN CHARCOT.

NOMINATIONS.

M. **LUCIEN CAYEUX** est désigné pour représenter l'Académie, avec les délégués précédemment nommés, aux cérémonies du *Centenaire de la fondation de l'École des Mines de Liége*.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. Cinquante-septième Rapport, 1936, rédigé par PAUL-LOUIS MERCANTON.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Une nouvelle généralisation du théorème de Goldbach-Vinogradow*. Note de M. **J. G. VAN DER CORPUT**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La méthode [1] découverte par M. I. M. Vinogradow me met à même de déterminer quels nombres s peuvent être mis sous la forme

$$s = \mathrm{K}p + \mathrm{K}'p' + \mathrm{F}(p''), \tag{1}$$

K et K′ désignant des nombres entiers donnés non nuls, $\mathrm{F}(x)$ désignant un polynome non constant qui prend des valeurs entières pour tous les nombres entiers x, tandis que les nombres premiers p, p' et p'' vérifient les congruences

$$p \equiv u; \quad p' \equiv u''; \quad p'' \equiv u'' \pmod{\mathrm{U}} \tag{2}$$

[1] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 479-481.

et en outre les inégalités

$$-\varepsilon < \frac{p}{\varpi} - G < \varepsilon, \quad -\varepsilon < \frac{p'}{\varpi} - G' < \varepsilon \quad \text{et} \quad -\varepsilon < \frac{|F(p'')|}{\varpi} - G'' < \varepsilon;$$

U désigne un nombre donné pair non nul, qui est premier avec chacun des nombres entiers donnés u, u' et u''; en outre $\varpi = p + p' + |F(p'')|$, tandis que G, G′ et G″ sont des nombres quelconques donnés avec

$$G + G' + G'' = 1.$$

Je suppose qu'à s correspondent trois nombres entiers b, b' et b'', tels qu'on ait

$$(3)\quad \left\{\begin{array}{c} s = Kb + K'b' + F(b''); \\ b \equiv u, \quad b' \equiv u', \quad b'' \equiv u'' \quad (\text{mod. } U); \\ \left(b, \frac{K'}{(K, K')}\right) = 1; \quad \left(b', \frac{K}{(K, K')}\right) = 1 \quad \text{et} \quad \left(b'', \frac{l!\,KK'U}{(K, K')}\right) = 1, \end{array}\right.$$

l désignant le degré du polynome $F(x)$ et (b, c) le plus grand diviseur commun de b et c. S'il n'était pas possible de trouver trois pareils nombres, il résulterait de (1) et de (2) que p est un diviseur de $K'/(K, K')$, ou que p' est un diviseur de $K/(K, K')$, ou que p'' est un diviseur de $l!\,KK'U/(K, K')$ et, dans ce cas, seulement, un nombre borné de valeurs entrerait en considération pour au moins un des nombres premiers p, p' et p''.

Sous les conditions précitées, les propositions suivantes sont valables, H désignant le nombre $+1$, ou -1 selon que le coefficient du terme du degré le plus élevé du polynome $F(x)$ est positif ou négatif :

1° Si $KG + K'G' + HG'' > 0$, tout nombre s suffisamment grand auquel correspondent trois nombres b, b' et b'' avec (3) peut être écrit sous la forme mentionnée ci-dessus. « Suffisamment grand » signifie dans cette Note « supérieur à un nombre convenablement choisi, dépendant uniquement de K, K′, U, ε et du choix du polynome $F(x)$ ».

2° Si $KG + K'G' + HG < 0$, tout nombre s négatif dont le module est suffisamment grand et auquel correspondent trois nombres b, b' et b'' avec (3), peut être mis sous la forme en question.

3° Si $KG + K'G' + HG'' = 0$, tout nombre s auquel correspondent trois nombres b, b' et b'' avec (3), peut être écrit, et même d'une infinité de manières différentes, sous la forme mentionnée ci-dessus.

TOPOLOGIE. — *Sur les fonctions continues numériques définies dans un produit de deux espaces compacts* (1). Note (2) de M. **Jean Dieudonné**.

1. On utilise assez fréquemment en Analyse (notamment dans la théorie des équations intégrales) la propriété suivante des fonctions continues de deux variables réelles :

Si $f(x, y)$ est continue dans un intervalle fermé I $(a \leqq x \leqq b,\ c \leqq y \leqq d)$, *on peut faire correspondre à tout $\varepsilon > 0$ un nombre fini $n(\varepsilon)$ de couples de fonctions $f_i(x)$, $g_i(y)$, telles que $f_i(x)$ soit continue dans $[a, b]$ et $g_i(y)$ continue dans $[c, d]$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ et que l'on ait en tout point de* I

$$\left| f(x, y) - \sum_{i=1}^{n} f_i(x)\, g_i(y) \right| < \varepsilon.$$

2. Cette proposition se démontre d'ordinaire en utilisant le théorème de Weierstrass sur l'approximation d'une fonction continue par les polynomes. Mais cet artifice masque en réalité la nature et la portée de cette propriété, comme nous allons le voir; nous allons, en effet, démontrer le théorème suivant, qui généralise le théorème précité (3) :

Théorème. — *Soient* E *et* F *deux espaces topologiques compacts, $f(x, y)$ $(x \in \mathrm{E},\ y \in \mathrm{F})$ une fonction numérique continue dans l'espace produit* $\mathrm{E} \times \mathrm{F}$. *A tout $\varepsilon > 0$, on peut faire correspondre un nombre fini $n(\varepsilon)$ de couples de fonctions numériques $f_i(x)$, $g_i(y)$ telles que $f_i(x)$ soit continue dans* E, *$g_i(y)$ continue dans* F $(i = 1, 2, \ldots, n)$ *et que l'on ait en tout point de* $\mathrm{E} \times \mathrm{F}$

$$\left| f(x, y) - \sum_{i=1}^{n} f_i(x)\, g_i(y) \right| < \varepsilon.$$

3. Nous commencerons par établir un lemme sur les espaces compacts qui présente par lui-même un certain intérêt :

Lemme. — *Soit* E *un espace compact,* $\mathrm{A}_1, \mathrm{A}_2, \ldots, \mathrm{A}_n$ *un nombre fini*

---

(1) *Compact* est pris ici au sens de M. Bourbaki : un espace *compact* est identique à ce qui est appelé espace *bicompact* dans la terminologie d'Urysohn.

(2) Séance du 4 octobre 1937.

(3) Le problème que posait cette généralisation m'a été indiqué par M. A. Weil, à qui je dois également plusieurs simplifications dans la démonstration du théorème.

d'ensembles ouverts dont la réunion est identique à E. *On peut trouver un nombre fini m de fonctions numériques non négatives* $\lambda_k(x)$ *définies et continues dans* E, *telles que* ([4]) *l'ensemble* $\overset{-1}{\lambda}_k(z>0)$ *soit contenu dans un des ensembles* A_i $(i=1, 2, \ldots, n;\ k=1, 2, \ldots, m)$ *et que l'on ait identiquement*

$$\sum_{k=1}^{m} \lambda_k(x) = 1.$$

A tout point $a \in E$ on peut faire correspondre un indice i tel que $a \in A_i$; il existe donc, d'après un théorème d'Urysohn ([5]), une fonction numérique $f_a(x)$ non négative, définie et continue dans E, telle que $f_a(a)=1$ et $f_a(x)=0$ dans le complémentaire de A_i.

Comme E est compact et est la réunion des ensembles ouverts $\overset{-1}{f}_a(z>0)$ lorsque a parcourt E, on peut trouver un nombre fini m de ces ensembles dont la réunion soit identique à E; soient $a_1, a_2, \ldots, a_m$ les points a correspondants. Comme $\sum_{k=1}^{m} f_{a_k}(x) > 0$ en tout point de E, les fonctions

$$\lambda_k(x) = \frac{f_{a_k}(x)}{\sum_{k=1}^{m} f_{a_k}(x)}$$

répondent visiblement aux conditions du lemme.

4. Passons à la démonstration du théorème. $E \times F$ étant un espace compact, $f(x, y)$ est *uniformément continue* dans cet espace. On peut donc trouver un nombre fini p d'ensembles ouverts $A_i \subset E$, dont la réunion soit E, et un nombre fini q d'ensembles ouverts $B_j \subset F$, dont la réunion soit F, tels que

$$|f(x, y) - f(x', y')| < \varepsilon$$

pour tout couple de points (x, y), (x', y') contenus dans un quelconque des ensembles $A_i \times B_j$. Appliquons le lemme aux ensembles A_i dans E, aux ensembles B_j dans F; soient $\lambda_h(x)$ $(h=1, 2, \ldots, m)$, $\mu_k(y)$ $(k=1, 2, \ldots, n)$ les fonctions correspondantes, a_h un point de $\overset{-1}{\lambda}_h(z>0)$,

---

([4]) Si f est une fonction numérique, $\overset{-1}{f}(z>0)$ désigne l'ensemble des points x de E où $f(x)>0$.

([5]) *Math. Ann.*, **94**, 1924, p. 290-296.

b_k un point de $\overset{-1}{\mu_k}(z > 0)$. Formons la différence

$$\varphi(x, y) = f(x, y) - \sum_{h=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} f(a_h, b_k)\, \lambda_h(x)\, \mu_k(y)$$

$$= \sum_{h=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} \lambda_h(x)\, \mu_k(y)\, [f(x, y) - f(a_h, b_k)],$$

en vertu de la relation

$$\sum_{h=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} \lambda_h(x)\, \mu_k(y) = \sum_{h=1}^{m} \lambda_h(x) \sum_{k=1}^{n} \mu_k(y) = 1.$$

Si, en un point (x, y), on a $\lambda_h(x)\, \mu_k(y) \neq 0$, il résulte du choix de a_h et b_k que $|f(x, y) - f(a_h, b_k)| < \varepsilon$; donc

$$|\varphi(x, y)| < \varepsilon \sum_{h=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} \lambda_h(x)\, \mu_k(y) = \varepsilon. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

TOPOLOGIE. — *Théorie des filtres*. Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

Malgré les services rendus en topologie par la considération des *suites dénombrables*, leur emploi n'est pas adapté à l'étude des espaces généraux. Nous voulons indiquer ici quel est l'instrument qui semble devoir les remplacer.

1. Soit $\mathcal{E}$ un ensemble donné une fois pour toutes. Une famille **F** de sous-ensembles de $\mathcal{E}$ prend le nom de *filtre* (construit sur $\mathcal{E}$) si elle remplit les trois conditions suivantes :

F-I : la famille **F** n'est pas vide et ne contient pas le sous-ensemble vide;

F-II : l'intersection de deux ensembles de **F** appartient à **F**;

F-III : tout ensemble qui contient un ensemble de **F** appartient à **F**.

Remarque. — **F** contient toujours le sous-ensemble *plein*, c'est-à-dire formé de tous les éléments de $\mathcal{E}$.

Base d'un filtre. — Soit une famille **B** de sous-ensembles de $\mathcal{E}$ qui satisfasse aux deux conditions suivantes :

B-I : comme F-I;

B-II : l'intersection de deux ensembles de **B** contient un ensemble de **B**.

Considérons la famille **F** des sous-ensembles de $\mathcal{E}$ qui contiennent au moins un sous-ensemble de la famille **B**; cette famille satisfait aux trois axiomes des filtres. **B** s'appelle une *base* du filtre **F**. Pour que deux bases **B** et **B**′ donnent naissance au même filtre, il faut et il suffit que tout ensemble de **B** contienne un ensemble de **B**′, et réciproquement. En particulier : étant donné un fitre **F**, pour qu'une sous-famille **B** de **F** constitue une base de **F**, il faut et il suffit que tout ensemble de **F** contienne un ensemble de **B**.

2. *Comparaison des filtres construits sur un même* $\mathcal{E}$. Le filtre **F**′ est *plus fin* que le filtre **F** (on écrit $\mathbf{F}' > \mathbf{F}$) si la famille **F** est contenue dans la famille **F**′. On dit aussi que **F** est *plus grossier* que $\mathbf{F}' (\mathbf{F} < \mathbf{F}')$. Les relations $\mathbf{F} < \mathbf{F}'$ et $\mathbf{F}' < \mathbf{F}''$ entraînent $\mathbf{F} < \mathbf{F}''$. Comme on le voit, $\mathbf{F} < \mathbf{F}'$ n'exclut pas $\mathbf{F} = \mathbf{F}'$. On dit que deux fitres **F** et **F**′ sont *comparables* si l'une au moins des relations $\mathbf{F} < \mathbf{F}'$, $\mathbf{F}' < \mathbf{F}$ a lieu

Le plus grossier de tous les filtres construits sur $\mathcal{E}$ est celui qui ne contient que le sous-ensemble plein.

Soit Φ une famille de filtres. Les sous-ensembles de $\mathcal{E}$ qui appartiennent à tous les filtres de Φ forment une famille **F** qui satisfait aux trois axiomes des filtres. **F** se nomme le *filtre-intersection* de la famille Φ; tout filtre plus grossier que les filtres de Φ est plus grossier que **F**.

Cherchons maintenant s'il existe un filtre plus fin que tous les filtres d'une famille donnée Φ. On a les deux théorèmes suivants :

Théorème 1. — *Étant donnés deux filtres* $\mathbf{F}_1$ *et* $\mathbf{F}_2$, *pour qu'il existe un filtre plus fin que* $\mathbf{F}_1$ *et que* $\mathbf{F}_2$, *il faut et il suffit que l'intersection d'un ensemble de* $\mathbf{F}_1$ *et d'un ensemble de* $\mathbf{F}_2$ *ne soit jamais vide.*

La condition est évidemment nécessaire. Réciproquement, si elle est remplie, la famille **F** des intersections $E_1 \cap E_2$ (où E_1 et E_2 parcourent respectivement $\mathbf{F}_1$ et $\mathbf{F}_2$) satisfait aux axiomes des filtres et contient la famille $\mathbf{F}_1$ et la famille $\mathbf{F}_2$.

Théorème 2. — *Soit* Φ *une famille ordonnée de filtres* (c'est-à-dire telle que deux quelconques des filtres de Φ soient comparables). *Il existe un filtre plus fin que tous les filtres de* Φ.

Si le filtre cherché existe, il contient la famille **F** des sous-ensembles de $\mathcal{E}$ qui appartiennent à l'un au moins des filtres de Φ ; or cette famille **F** satisfait aux trois axiomes des filtres. Le filtre **F** s'appelle *filtre-réunion* de la famille ordonnée Φ.

Remarque. — On obtient une base de **F** en réunissant les bases des filtres de Φ.

3. *Filtres élémentaires.* — Montrons comment la théorie des *suites dénombrables* rentre dans celle des filtres. Soit, dans un $\mathcal{E}$ quelconque, une suite S (finie ou infinie) d'éléments

$$a_1,\quad a_2,\quad \ldots,\quad a_n,\quad \ldots,$$

tous distincts. Désignons par E_p l'ensemble des éléments de S dont l'indice est $\geqq p$. La famille des E_p (quand p parcourt l'ensemble des indices de la suite S) est la base d'un filtre **F**, appelé *filtre associé à la suite* S. Tout filtre obtenu de cette manière se nomme *filtre élémentaire*.

Les filtres élémentaires sont de deux espèces :

Première espèce. — Si S est finie, soit a_n le dernier élément de S ; **F** se compose des sous-ensembles (de $\mathcal{E}$) qui contiennent a_n ;

Deuxième espèce. — Si S est infinie, **F** se compose des sous-ensembles de $\mathcal{E}$ dont le complémentaire contient un nombre fini (ou nul) d'éléments de S. Dans ce dernier cas, si S′ est une suite infinie *extraite* de S, le filtre associé à S′ est *plus fin* que le filtre associé à S. Réciproquement, soient deux suites infinies S et S′ telles que le filtre associé à S′ soit plus fin que le filtre associé à S ; alors on peut supprimer de S′ un nombre fini d'éléments de façon que la suite restante soit extraite de S.

Théorème 3. — *Si un filtre* **F** *possède une base dénombrable, il existe un filtre élémentaire plus fin que* **F**.

En effet, soit une base de **F** formée des ensembles

$$E_1,\quad E_2,\quad \ldots,\quad E_n,\quad \ldots ;$$

d'après B-II, on peut supprimer ceux de ces ensembles qui ne sont pas contenus dans l'intersection des précédents ; soit donc la base, finie ou infinie,

$$E_1 \supset E_2 \supset \ldots \supset E_n \supset \ldots$$

Soient a_1 un élément de E_1 qui n'appartient pas à E_2, a_2 un élément de E_2 qui n'appartient pas à E_3, etc. La suite

$$a_1,\quad a_2,\quad \ldots$$

définit un filtre élémentaire plus fin que **F**. C. Q. F. D.

On vérifie facilement : si **F** a une base dénombrable, **F** est identique au filtre-intersection de la famille des filtres élémentaires plus fins que **F**.

Les théorèmes 2 et 3 entraînent :

Étant donné une famille ordonnée dénombrable de filtres élémentaires, il existe un filtre élémentaire plus fin que tous ces filtres. Cette proposition

généralise le théorème connu *de la suite diagonale*, qui se rapporte au cas où l'on peut ranger les filtres de la famille en une suite telle que

$$\mathbf{F}_1 < \mathbf{F}_2 < \ldots < \mathbf{F}_n < \ldots.$$

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la définition effective des mesures presque isométriques et sur la* limite généralisée *de M. Banach.* Note [1] de M. **Antoine Appert.**

I. Nous avons établi l'existence [2], dans tout espace distancié compact en lui-même non vide H, d'une mesure m_{H}, dite *presque isométrique*, définissant une répartition complètement additive de la masse 1 sur H et jouissant de la propriété essentielle suivante :

D'. *Tout sous-ensemble ouvert sur* H *qui est image topologique non dilatée d'un autre sous-ensemble de* H, *porte toujours une masse* m_{H} *au plus égale à celle de cet autre sous-ensemble.*

Il s'agissait là seulement d'un *théorème d'existence* dont la démonstration faisait appel à la *limite généralisée* de M. Banach [3]; et l'on sait que cette limite généralisée (que nous désignerons par la notation lim. gén.) est définie à l'aide du théorème de Zermelo, donc à l'aide de l'axiome du choix. Il subsiste donc le problème de *nommer effectivement* une mesure satisfaisant aux conditions indiquées plus haut.

Le principal objet de la présente Note est de donner une solution complète à ce problème de nomination effective; et aussi d'indiquer une méthode générale permettant, quand l'existence d'un objet mathématique a pu être établie au moyen de la limite généralisée de M. Banach, d'obtenir dans des cas étendus une construction effective [4] d'un tel objet. Nous établirons d'abord le théorème suivant :

Étant donné un espace distancié compact non vide H *dont on sache nommer un sous-ensemble au plus dénombrable h tel que* $\bar{h} = \mathrm{H}$ (un tel ensemble h existe puisque H est compact et donc séparable), *alors on saura nommer une*,

---

[1] Séance du 27 septembre 1937.

[2] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 509. Nous adoptons ici la terminologie de cette Note.

[3] S. Banach, *Théorie des opérations linéaires*, Warszawa, 1932, p. 34.

[4] Cf. la méthode générale d'élimination des nombres transfinis des raisonnements mathématiques due à C. Kuratowski (*Fund. Math.*, 3, 1922, p. 76-108).

et éventuellement plusieurs mesures presque isométriques m_H jouissant de toutes les propriétés établies dans notre Note précédente.

Démonstration. — Par hypothèse on saura nommer une base dénombrable $\{\mathcal{O}\}$ de l'espace H [c'est-à-dire une suite dénombrable d'ensembles ouverts $\mathcal{O}$ telle que tout sous-ensemble ouvert de H soit somme [5] de certains $\mathcal{O}$] telle de plus que toute somme d'un nombre fini d'ensembles $\mathcal{O}$ soit encore un ensemble $\mathcal{O}$.

Il suffit pour cela de prendre comme $\mathcal{O}$ tous les ensembles sommes d'un nombre fini de sphères ouvertes de l'espace H ayant leurs centres sur h et leurs rayons rationnels. Les $\mathcal{O}$ ainsi définis peuvent être effectivement rangés en une suite dénombrable, du moment que la chose a pu être faite pour les éléments de h. Ceci étant, on peut, par le procédé bien connu de la descente en diagonale, construire une suite infinie décroissante de nombres positifs $r_1, r_2, \ldots$ tendant vers o telle que, pour chacun des ensembles $\mathcal{O}$, le nombre $n(\mathcal{O}, r_q)/n(H, r_q)$ tende vers une limite bien déterminée unique quand l'entier $q \to +\infty$.

Modifiant alors légèrement une définition de notre Note précédente, modification qui n'altère en rien les résultats de cette Note, nous poserons, pour tout ensemble $E \subset H$,

$$\mathcal{E}_H E = \underset{q \to +\infty}{\text{lim. gén.}} \frac{n(E, r_q)}{n(H, r_q)}.$$

Alors le nombre $\mathcal{E}_H \mathcal{O}$ *est effectivement nommé pour tout* $\mathcal{O}$, puisque la lim. gén. *se réduit à la limite au sens ordinaire toutes les fois que celle-ci existe.*

Supposons maintenant l'ensemble E fermé, et donc compact en soi. Tout ensemble ouvert O contenant E est somme de certains $\mathcal{O}$; par conséquent tout ensemble ouvert O contenant E contient un ensemble somme d'un nombre fini de $\mathcal{O}$, c'est-à-dire un $\mathcal{O}$ contenant E. On a donc, en tenant compte du théorème C de notre Note précédente,

$$\underset{\mathcal{O} \supset E}{\text{borne inf.}}\ \mathcal{E}_H \mathcal{O} = \underset{O \text{ ouvert} \supset E}{\text{borne inf.}}\ \mathcal{E}_H O = m_H E.$$

La mesure m_H est ainsi effectivement nommée pour tout ensemble fermé de H. Ceci suffit, puisqu'il s'agit d'une mesure normalisée, pour que la mesure m_H soit effectivement nommée pour n'importe quel sous-ensemble de H.

D'autre part la suite r_q peut évidemment être choisie de diverses manières de façon à satisfaire aux conditions qui lui ont été imposées. Nous connaissons un exemple d'espace H où l'on peut ainsi nommer plusieurs mesures presque isométriques m_H effectivement différentes.

II. La méthode employée dans la démonstration précédente n'est qu'un cas particulier du procédé général suivant : supposons que l'on ait pu établir l'existence d'un objet mathématique jouissant d'un ensemble P de propriétés en construisant un tel objet à l'aide de la limite généralisée de

---

(5) Le mot somme est toujours pris dans le sens de réunion.

M. Banach. Alors *on saura nommer effectivement un objet satisfaisant à P toutes les fois que les deux conditions suivantes seront remplies :*

1° L'objet mathématique ainsi construit est complètement déterminé par la connaissance simultanée des limites généralisées d'un certain ensemble au plus dénombrable de suites, soit par les nombres

$$\lim_{q\to+\infty} \text{gén. } u_q^{(p)} \qquad (p=1,\,2,\,\ldots;\, q=1,\,2,\,\ldots).$$

2° La construction dont il s'agit fournit encore un objet satisfaisant à P toutes les fois que l'on substitue aux lim. gén. précédentes des expressions de la forme $\lim\limits_{j\to+\infty}$ gén. $u_{q_j}^{(p)}$, les $q_j (j=1,2,\ldots)$ étant une suite arbitraire, indépendante de p, formée de certains entiers naturels croissant indéfiniment.

Quand les conditions 1° et 2° sont satisfaites, on peut en effet, par le procédé de descente en diagonale, choisir la suite q_j de façon que les lim. gén. figurant dans 2° se réduisent à des limites au sens ordinaire.

La méthode générale précédente ne supprime nullement l'utilité de la lim. gén. de M. Banach (lim. gén. appliquée d'ailleurs par cet auteur à la mesure de Haar), car ce ne sera souvent qu'après coup, après démonstration d'un théorème d'existence, que l'on pourra s'apercevoir que les conditions 1° et 2° sont réalisables.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités des intégrales de Laplace.* Note de M. CARLOS BIGGERI.

Dans cette Note je démontre un théorème concernant les singularités des fonctions analytiques définies par des intégrales de Laplace, dont les génératrices (complexes) possèdent des arguments dérivables.

THÉORÈME. — *Si la dérivée de l'argument $\varphi(t)$ de la génératrice $a(t)$ de l'intégrale*

$$\int_0^\infty a(t)\, e^{-tz}\, dt \tag{1}$$

satisfait à la condition

$$\lim_{t\to\infty} [t.D\varphi(t)]=0, \tag{2}$$

alors, le point réel de la droite de convergence de l'intégrale (1) *est singulier pour la fonction analytique $f(z)$ définie par cette intégrale.*

Démonstration. — Appelons C et C′ les abscisses de convergence simple et absolue, respectivement, de (1) et soit $\rho(t)$ le module de $a(t)$. Il existe *certaines* valeurs de t, ξ_1 et ξ_2 comprises entre $[t]$ et t, telles que

$$(3)\qquad \int_{[t]}^{t} a(\tau)\,d\tau = [\cos\varphi(\xi_1) + i\sin\varphi(\xi_2)]\int_{[t]}^{t}\rho(\tau)\,d\tau \equiv \alpha(t)\int_{[t]}^{t}\rho(\tau)\,d\tau.$$

De (2), on tire $D\varphi(t)\to 0$, d'après ceci et puisque $0 < t-\xi_1 < 1$, $0 < t-\xi_2 < 1$, les différences $\cos\varphi(t)-\cos\varphi(\xi_1)$ et $\sin\varphi(t)-\sin\varphi(\xi_2)$ tendent *régulièrement* vers zéro; donc, en écrivant $\alpha(t)$ sous la forme

$$\alpha(t) \equiv [\cos\varphi(t) + i\sin\varphi(t)] - \{[\cos\varphi(t) - \cos\varphi(\xi_1)] + i[\sin\varphi(t) - \sin\varphi(\xi_2)]\},$$

on voit que

$$(4)\qquad \lim_{t\to\infty}|\alpha(t)| = 1.$$

D'après (3), (4) et la formule de M. Kurosu, donnant l'abscisse de convergence, on tire : $\mathcal{C} = \mathcal{C}'$. Or bien, sans restreindre la généralité, on peut supposer $\mathcal{C} = \mathcal{C}' = 0$. En vertu de la classique formule de M. Landau, donnant l'abscisse de convergence, de $\mathcal{C}' = 0$ on déduit : étant donné un $\varepsilon > 0$ il existe une *certaine* fonction $K \equiv K(\varepsilon) > 0$, telle que pour $t > 0$, on a

$$(5)\qquad \int_{[t]}^{t}\rho(\tau)\,d\tau < Ke^{\varepsilon t}.$$

Posons

$$(6)\qquad A_n \equiv \int_0^{\frac{n}{2}}\rho(t)\,t^n e^{-t}\,dt,$$

$$(7)\qquad B_n \equiv \int_{\frac{3n}{2}}^{\infty}\rho(t)\,t^n e^{-t}\,dt,$$

n étant une variable entière et positive. Moyennant des transformations convenablement effectuées sur A_n et B_n, à l'aide de (5) et de la formule de Stirling, on obtient

$$(8)\qquad \overline{\lim_{n\to\infty}}\sqrt[n]{\frac{1}{n!}(A_n + B_n)} < 1, \qquad \textit{égalité exclue.}$$

D'autre part, en vertu d'un classique théorème de M. Landau, le point $z = C' = 0$ est singulier pour la fonction analytique, $g(z)$, définie par l'intégrale $\int_0^{\infty}\rho(t)e^{-tz}\,dt$; donc le rayon de convergence de la série

$$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{g^{(n)}(1)}{n!}(z-1)^n$$

est égal à 1, c'est-à-dire on a

$$(9) \qquad \overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{\frac{1}{n!} D_n} = 1,$$

en étant

$$(10) \qquad D_n \equiv \int_0^\infty \rho(t)\, t^n e^{-t}\, dt.$$

Si l'on pose

$$E_n \equiv \int_{\frac{n}{2}}^{\frac{3}{2}n} \rho(t)\, t^n e^{-t}\, dt,$$

de (6), (7), (8), (9) et (10) on tire

$$(11) \qquad \overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{\frac{1}{n!} E_n} = 1.$$

Appelons A'_n, B'_n, D'_n et E'_n les fonctions que l'on obtient en substituant dans A_n, B_n, D_n et E_n, respectivement, $\alpha(t)$ à la place de $\rho(t)$. Il existe *certaines* valeurs de t, ξ_3 et ξ_4, comprises entre $n/2$ et $3n/2$, telles que l'on a

$$(12) \qquad E'_n = [\cos\varphi(\xi_3) + i \sin\varphi(\xi_4)] E_n \equiv \beta_n E_n.$$

D'après (2) les différences $\cos\varphi(\xi_3) - \cos\varphi(n/2)$ et $\sin\varphi(\xi_4) - \sin\varphi(n/2)$ tendent *régulièrement* vers zéro, pour $n \to \infty$, donc, en exprimant β_n sous une forme semblable à celle de $\alpha(t)$, on voit que

$$(13) \qquad \lim_{n\to\infty} |\beta_n| = 1.$$

De (11), (12) et (13) on tire

$$(14) \qquad \overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{\frac{1}{n!} |E'_n|} = 1.$$

Des calculs analogues à ceux qui conduisent à la formule (8) prouvent que

$$(15) \qquad \overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{\frac{1}{n!} (|A'_n| + |B'_n|)} < 1, \qquad \textit{égalité exclue}$$

(on partira alors de l'égalité $C = 0$). De (14) et (15) on tire

$$\overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{\frac{1}{n!} \cdot |D'_n|} = 1,$$

c'est-à-dire que le rayon de convergence de la série $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}_{(1)}}{n!}(z-1)^n$ est égal à 1, donc *le point* $z = C = 0$ *est singulier pour* $f(z)$.

Ce théorème constitue une généralisation étendue du théorème de M. Landau, rappelé plus haut [lequel assure la *singularité* du point $z = C$ pour $f(z)$, sous l'hypothèse $a(t) \equiv$ *réelle et positive*].

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la notion de traction et de rendement de l'hélice propulsive et sur les écarts existant entre les caractéristiques internes et effectives.* Note de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

La notion de traction et par suite celle de rendement de l'hélice propulsive sont imprécises. En effet une hélice est essayée le plus souvent en présence, soit d'un capotage enfermant le moteur (essais d'hélices), soit d'un fuselage et d'ailes (essais d'avions complets).

Il y a dans ces conditions expérimentales deux façons de mesurer la traction de l'hélice et il en résulte deux notions de traction et de rendement.

1° Placer un dynamomètre sur l'arbre entre le moteur et l'hélice. On mesure ainsi une *traction interne*, somme de la traction T de l'hélice isolée et de la réaction ΔT d'interaction du corps, capotage ou planeur. Il lui correspond une *traînée interne*, R_i somme de la résistance R du corps aval isolé et de l'accroissement ΔR dû au souffle.

$$T_i = T + \Delta T, \qquad R_i = R + \Delta R.$$

2° Mesurer directement la valeur globale $\mathfrak{T}$ définie par la relation

$$\mathfrak{T} = T + \Delta T - (R + \Delta R),$$

et corriger cette valeur $\mathfrak{T}$ de la résistance R. On obtient ainsi la traction que fournit utilement ou effectivement l'hélice, c'est la *traction effective*

$$T_{\text{eff}} = \mathfrak{T} + R = T + \Delta T - \Delta R.$$

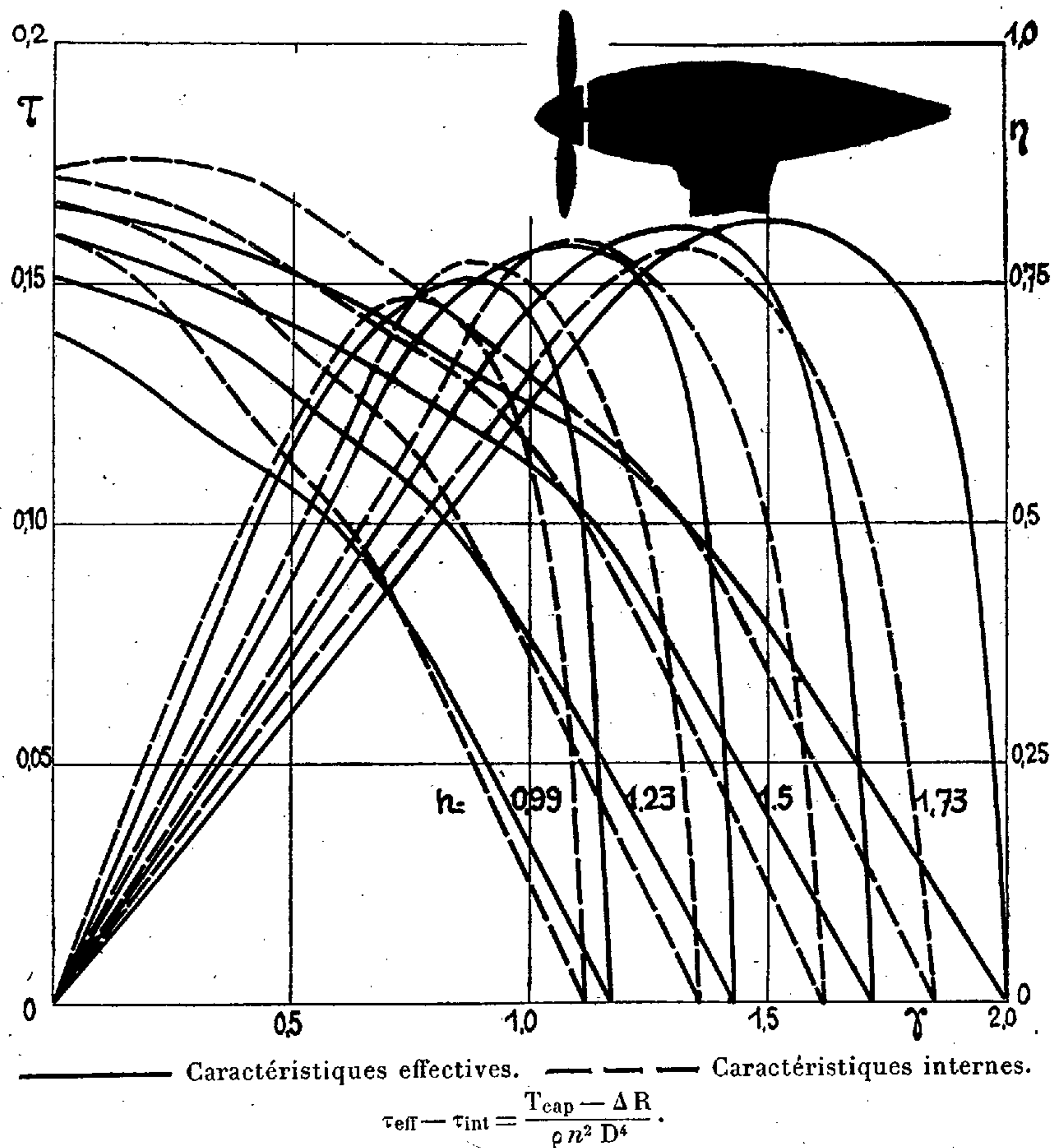
Cette méthode revient donc à faire supporter à l'hélice toutes les interactions.

A la notion de traction interne de l'hélice est associée celle de la traînée soufflée du planeur. A la notion de *traction effective* est associée au contraire celle de la *conservation* du C_x, du planeur.

Nous avons effectué à la Soufflerie de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr des essais de caractéristiques internes et effectives d'une hélice à pas variable en présence du capotage STAe du Ministère de l'Air (catalogue officiel d'essais d'hélices).

On voit sur la figure que, même devant un corps aussi bien caréné, les écarts sont notables.

Au point fixe et aux faibles valeurs de γ, les coefficients unitaires τ de



——— Caractéristiques effectives. — — — Caractéristiques internes.

$$\tau_{\text{eff}} - \tau_{\text{int}} = \frac{T_{\text{cap}} - \Delta R}{\rho n^2 D^4}.$$

traction interne sont supérieurs aux coefficients de traction effective. L'écart diminue quand γ croît, s'annule, et change même de signe pour les grands γ relatifs.

Les courbes de rendement η sont décalées les unes par rapport aux autres.

La valeur de la correction de traînée (due au souffle de l'hélice) que l'on devrait faire subir à la traînée du capotage dans l'hypothèse des tractions internes est donnée par l'écart à chaque γ entre les caractéristiques effectives et internes. On voit qu'elle varie notablement et change même de signe suivant le fonctionnement du propulseur.

Ce changement de signe s'explique si l'on remarque que la position d'un dynamomètre sur l'arbre sépare non seulement l'hélice du capotage ou du planeur, mais également le capotage de moyeu dont la résistance n'est pas négligeable et par conséquent, lorsque ce capotage de moyeu existe, on a :

$$\tau_{\text{eff}} - \tau_{\text{int}} = \frac{T_{\text{cap}} - \Delta R}{\rho n^2 D^4} = \left(C_{X_{\text{cap}}} - \Delta C_X\right)\frac{S}{2D^2}\gamma^2.$$

Ces résultats semblent apporter des arguments assez importants en faveur de la notion de caractéristiques effectives contre celle des caractéristiques internes :

1° A la première est associée l'hypothèse de la conservation du C_X; à la seconde l'obligation d'une correction extrêmement variable en grandeur et en signe. La première offre donc l'avantage de la *simplicité*.

2° Les maxima de rendement sont décalés. Au maximum de rendement interne correspond par conséquent une correction obligatoire de la traînée qui détruit l'avantage apparent du fonctionnement en ce point. L'utilisation des η internes est *dangereuse*, car elle pourrait faire par exemple supposer qu'une adaptation est défectueuse alors qu'elle est réalisée à la perfection et *vice versa*.

Enfin on peut donner au rendement effectif le nom de *rendement de la propulsion*, car il représente le rapport entre la puissance utile nécessaire au vol du planeur, d'après ses essais et son C_X, et la puissance mise en jeu pour le remorquer. C'est à lui qu'il faudrait faire appel si l'on devait comparer la propulsion par hélice à toute autre, par exemple la propulsion par fusée.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur la focalisation des rayons X au moyen d'un cristal à incurvation variable.* Note (¹) de MM. **V. Dolejšek** et **M. Tayerle**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons essayé de réaliser l'incurvation d'un cristal de façon à pouvoir le courber uniformément suivant une surface cylindrique de révolution ayant un rayon de courbure variable à volonté.

La surface incurvée cylindriquement peut être utilisée dans les méthodes de focalisation, qui ont été imaginées par Johann [2] et Mlle Cauchois [3]

(¹) Séance du 4 octobre 1937.

(²) *Zs. f. Phys.*, 69, 1931, p. 185.

(³) *Journ. de Phys.*, 7, 1932, p. 320.

et réalisées avec d'excellents résultats par l'école de Siegbahn [4]. Ces méthodes se servent d'un cristal incurvé suivant une surface cylindrique à axe perpendiculaire au plan du cercle de Rowland, et par conséquent, à axe parallèle à l'axe du spectrographe (on peut les caractériser comme des procédés de *focalisation horizontale*).

D'autre part il existe des méthodes où le cristal est incurvé suivant une surface cylindrique ayant son axe dans le plan perpendiculaire à l'axe du spectrographe [5], (*focalisation verticale*). Parmi celles-ci la méthode de Kunzl [6] est arrivée à de réels progrès par rapport aux procédés sans focalisation.

Mais, contrairement aux méthodes de focalisation horizontale, on ne peut ainsi obtenir pour une certaine courbure qu'une région restreinte de longueurs d'onde. Pour les différentes longueurs d'onde il faut utiliser une incurvation différente. La focalisation verticale a par ailleurs des avantages importants, c'est pourquoi nous avons appliqué notre déformation variable du cristal aux méthodes verticales et surtout à celle de Kunzl [7].

Nous avons placé le cristal entre deux ressorts en acier, calculés de façon à servir de support, et déformés de telle manière que les fibres de bordure soient uniformément chargées. Un tel support prend toujours la forme d'une surface cylindrique de révolution, comme on peut le déduire des équations fondamentales de l'élasticité.

Notre dispositif a été réalisé de façon que sous l'action d'un mécanisme approprié, pendant que le cristal tourne, c'est-à-dire que φ varie, le cristal s'incurve et prend toujours une courbure ρ donnée par l'équation

$$\rho = R \sin\varphi.$$

On peut ainsi opérer avec une longueur d'onde quelconque et tout en respectant la condition Bragg-de Broglie. Si l'on disposait d'une échelle précise, cette méthode permettrait des mesures de précision.

---

(4) E. Carlsson-Ingelstam, T. Johansson, H. Karlsson, A. Sanstrom et M. Siegbahn, H. Karlsson, M. Siegbahn, *Z. f. Phys.*, 88, 1934, p. 76.

(5) M. Gouy, *Ann. der Phys.*, 5, 1916, p. 241.

(6) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 656.

(7) Cette méthode consiste à donner l'image stigmatique de la fente au moyen du cristal à l'incurvation verticale, les conditions Bragg-de Broglie étant remplies. Kunzl mettait un cristal de gypse entre deux surfaces cylindriquement incurvées taillées de façon à avoir un rayon $\rho = R \sin\varphi$/R = rayon de spectrographe, φ = angle de réflexion et il se servait en même temps d'une courbure déterminée ρ pour le domaine $\Delta\varphi = 2°$.

La méthode d'incurvation variable du cristal décrite ci-dessus peut également être utilisée dans un dispositif de focalisation tel que les rayons réfléchis par le cristal cylindrique soient parallèles. Ceci peut être obtenu si la fente est située dans le plan focal de la surface cylindrique du cristal et si son rayon de courbure est

$$\rho = 2a \sin\varphi,$$

où a est la distance entre le cristal et la fente.

En se reportant au dispositif de Rowland pour les spectres optiques on peut voir que les déviations et les erreurs dans l'incurvation *verticale* du cylindre se manifestent comme un allongement et non pas comme une diffusion des raies, ce qui a lieu quand il s'agit de l'incurvation (focalisation) *horizontale*. On peut donc s'attendre en opérant ainsi à une augmentation du pouvoir séparateur.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les fréquences propres des chlorates, bromates et iodates.* Note [1] de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié les spectres d'absorption infrarouges des chlorates, bromates et iodates, dans le but de préciser la structure de ces ions. On sait en effet que, si l'ion de forme XO^3 possède une structure plane, parmi ses quatre vibrations propres distinctes, deux sont actives à la fois dans le spectre infrarouge et le spectre Raman, une apparaît comme active dans l'infrarouge et manque dans le spectre Raman, et la dernière active dans le spectre Raman reste inactive dans l'infrarouge. Au contraire, si l'on adopte pour l'ion XO^3 une structure pyramidale, les quatre vibrations distinctes sont actives à la fois dans l'infrarouge et le spectre Raman. La comparaison des spectres infrarouges et Raman doit donc permettre de faire un choix entre les deux hypothèses de structure.

Les fréquences propres de vibration des ions ClO^3, BrO^3, IO^3 ont été observées au moyen de l'effet Raman par divers auteurs [2]. Shen, Yao et

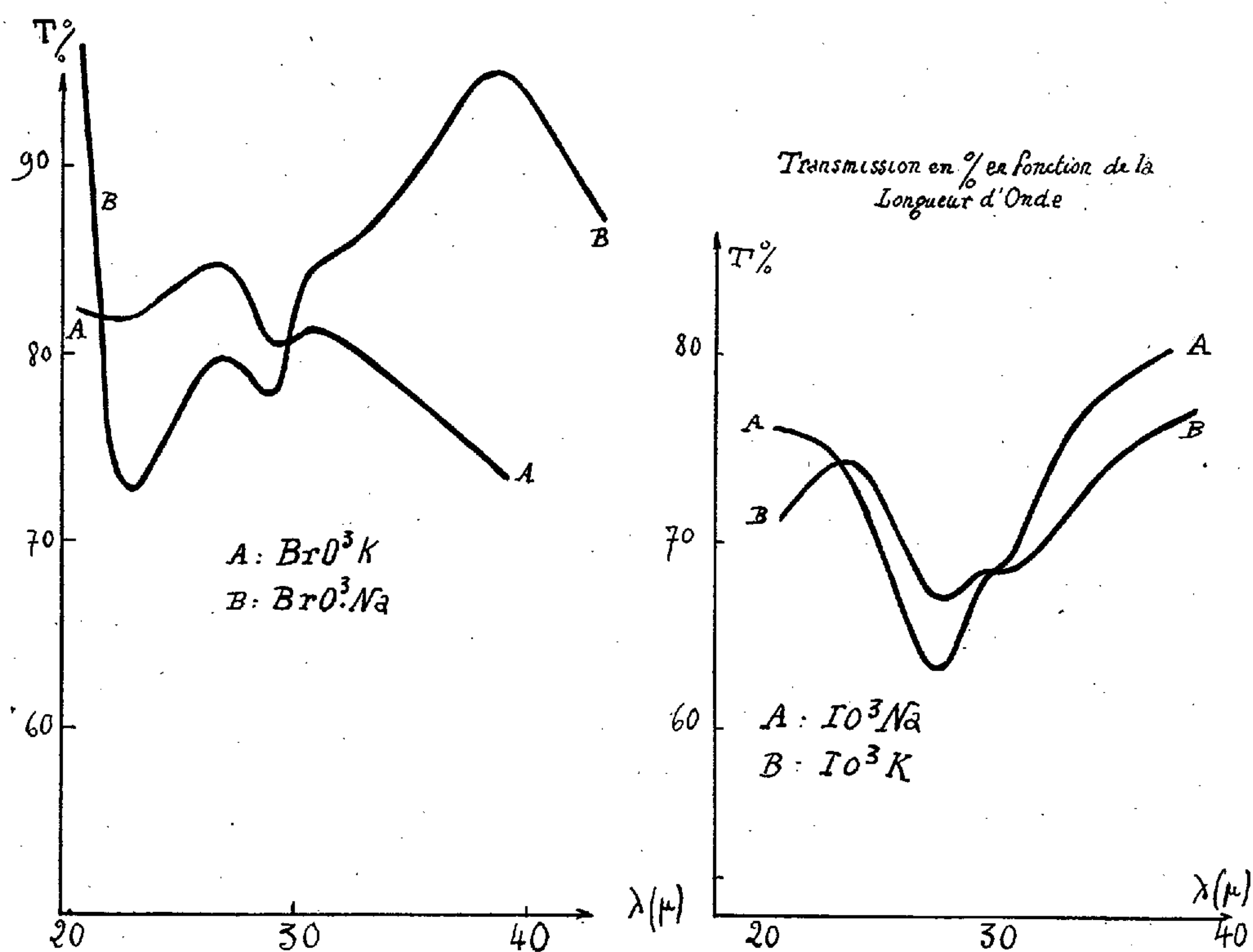
---

(1) Séance du 4 octobre 1937.

(2) Daure, *Thèse*, 1929; Cabannes, *Ann. de Physique*, **18**, 1932, p. 285; Venkateswaran, *Proc. Ind. Acad.*, 2, A, 1935, p. 119; Slater, *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 325.

Ta-You Wu (3), dans un travail récent, ont observé quatre fréquences. Pour l'infrarouge, les seules mesures sur ces composés sont celles de Laski (4) que nous nous proposons de reprendre en les étendant sur des fréquences beaucoup plus basses.

Nous avons étudié les chlorates, bromates et iodates de sodium et de



potassium entre 20 et 50 microns en employant la méthode des rayons restants; ces corps, pulvérisés et déposés entre deux plaques de paraffine, ont été examinés en utilisant un dispositif décrit dans une Note antérieure (5).

Les courbes ci-dessus donnent l'aspect de l'absorption des bromates et des iodates. Le tableau suivant donne les valeurs moyennes des longueurs

(3) *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 235.
(4) *Zeitschr. f. Kristallograph.*, 65, 1937, p. 607.
(5) Parodi, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1111.

d'onde observées, comparées à celles obtenues par Laski, soit directement soit par extrapolation.

	Auteur.		Laski.		Auteur.		Laski.	
Corps.	λ(μ).	ν(cm⁻¹).	λ(μ).	ν(cm⁻¹).	λ(μ).	ν(cm⁻¹).	λ(μ).	ν(cm⁻¹).
ClO^3.....	23	434	23	434	–	–	–	–
BrO^3....	23	434	23	434	29	344	36 (extrapolé)	280
IO^3......	28	357	27 (extrapolé)	370	31	322	–	–

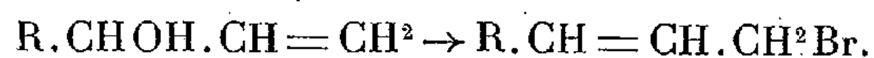
Comme le montre le deuxième tableau (où nous faisons figurer également les fréquences du proche infrarouge), il existe un bon accord entre nos valeurs et celles que Shen, Yao et Wu ont obtenues par l'étude de l'effet Raman. Il semble bien, en outre, que se confirme l'hypothèse de la structure pyramidale symétrique, ce qui est également en accord avec des recherches de mécanique ondulatoire.

Fréquences (en cm⁻¹).

Corps.	I. R.	R.	I. R.	R.	I. R.	R.	I. R.	R.
ClO^3.......	434	479	624	610	994	982	950	930
BrO^3.......	344	356	434	421	820	836	800	806
IO^3.........	322	330	357	390	793	826	780	779

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de l'effet Raman à l'étude de quelques cas d'isomérie allyl-propénylique*. Note de MM. **Raymond Delaby**, **Léon Piaux** et **André Guillemonat**, présentée par M. R. Lespieau.

L'action de l'acide bromhydrique ou du tribromure de phosphore sur les vinylalcoylcarbinols permet, comme l'a montré Bouis ([1]), de parvenir facilement aux bromures β-alcoylallyliques



$$R.CHOH.CH=CH^2 \rightarrow R.CH=CH.CH^2Br.$$

Cette transposition, dite allyl-propénylique, a fait déjà l'objet de nombreuses recherches. La spectrographie Raman, appliquée à l'exemple $R=CH^3$ ([2]), puis plus récemment aux bromohexènes ([3]), a permis de

([1]) *Ann. Chim.*, 9, 1928, p. 402.
([2]) Mlle Gredy et L. Piaux, *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1935, p. 1481.
([3]) Mlles Van Risseghem et Gredy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 489.

mettre facilement en évidence les faits suivants : le bromure obtenu est un mélange en équilibre, riche en bromure linéaire *trans*, mais contenant une certaine proportion (10 pour 100 environ) de bromure non transposé, secondaire, R.CHBr.CH = CH^2, qui passe en tête à la distillation.

Cette Note porte sur l'étude du bromure dérivé de l'heptène-1 ol-3 (vinylbutylcarbinol) et des produits qui résultent de son action sur : 1° le sulfure de sodium (4); 2° le cyanure cuivreux (5), auxquels nous avons joint le sulfure préparé de la même manière à partir du pentène-1 ol-3 (vinyléthylcarbinol).

Tous ces produits ont été soigneusement rectifiés (6) et nous avons passé au spectrographe plusieurs fractions de chacun d'eux. Nous avons pu conclure d'une manière générale que l'ensemble de chaque produit est un mélange de *beaucoup* de dérivé linéaire *trans* avec *peu* (10 pour 100 environ) de dérivé secondaire ramifié, qui passe en tête à la distillation.

Au point de vue spectral, nous avons observé :

1° une parenté évidente entre les spectres de l'alcool, du bromure et du sulfure linéaires (ou ramifiés);

2° une influence de la liaison C — S en α par rapport à la liaison éthylénique, à peu près identique à celle de la liaison C — Br semblablement placée (abaissement de fréquence de 10 cm^{-1} environ), fait déjà observé sur le sulfure d'allyle (7);

3° que les fréquences des nitriles linéaires et ramifiés sont identiques à celles de nitriles saturés, d'une part, des carbures éthyléniques, d'autre part, ce qui confirme l'absence de conjugaison entre la liaison C = C et la liaison C = N.

Des spectres obtenus nous pouvons déduire les fréquences suivantes :

Sulfure de pentène-2 yle-1. 678 bm, 707 baf, 764 baf, 817 bm, 916 tf, 1001 bf, 1057 bf, 1075 bf, 1108 btf, 1180 baf, 1227 bm, 1300 bm, 1376 f, 1439 m, 1457 af, 1665 TF, 2850 F, 2875 aF, 2905 b TF, 2936 TF, 2968 F, 2990 F.

Chaîne secondaire (éthyl-1 propène-2 yle) dans le sulfure. 1291 bF, 1414 F, 1634 TF, 3003 TF, 3081 F.

Bromo-1 heptène-2 trans (incomplet). 260 bf, 293 baf, 516 f, 565 f, 597 bla F, 815 f,

---

(4) R. Delaby et A. Beller, *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 367.

(5) R. Delaby, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1521; *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 755.

(6) M. Carrière et J. Hubert ont effectué minutieusement ces opérations.

(7) Voir Magat, *Tables annuelles de Constantes* : Effet Raman, 1931-1934.

926 f, 966 f, 1001 f, 1057 af, 1108 m, 1150 af, 1166 af, 1204 F, 1237 f, 1265 f, 1294 m, 1303 m, 1420 af, 1444 bm, 1662 F.

Bromo-3 heptène-1, une seule raie sûre, 1638 F.

Sulfure d'heptène-2 yle-1. 678 af, 705 f, 779 af, 900 f, 971 tf, 1057 af, 1108 af, 1176 bf, 1207 bm, 1232 bm, 1307 baF, 1440 baF, 1455 bm, 1664 F, 2856 aF, 2875 aF, 2906 bTF, 2936 TF, 2964 F.

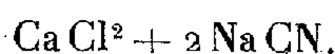
Chaîne secondaire (butyl-1 propène-2 yle) dans le sulfure. 1290 bF, 1414 aF, 1634 F, 3003 bF, 3082 bF.

Octène-3 nitrile trans. 329 af, 367 m, 592 f, 881 f, 900 f, 923 f, 942 f, 1054 af, 1070 af, 1107 m, 1216 m, 1298 aF, 1315 aF, 1418 aF, 1440 aF, 1456 aF, 1673 F, 2250 baF, 2854 m, 2877 m, 2912 TF, 2937 m, 2964 m, 3015 m.

Éthényl-2 hexane nitrile, deux seules raies sûres, 1646 F, 2250 aF.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les cyanures et cyanamides anhydres de fer, de cobalt et de nickel.* Note [1] de M. **Adrien Perret**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avions montré [2] que l'addition des métaux fer, nickel et cobalt à l'état très divisé catalyse, à partir de 400° environ, la transformation en cyanamide de calcium et chlorure de sodium du couple salin



$$CaCl^2 + 2 NaCN.$$

Les nombreux autres cas où nous avons observé cette propriété, en particulier avec le fer réduit à l'hydrogène, conduisent à penser que grâce à cette action catalytique de type hétérogène, il est possible de détecter d'une manière très sûre l'instabilité des cyanures métalliques aux températures moyennement élevées [3].

Si l'on se propose de donner une interprétation du mécanisme de l'action exercée par ces poudres métalliques, il est primordial d'étudier l'action de la température sur les cyanures et cyanamides de ces éléments.

Le chauffage sous vide et l'analyse permettront dans ce cas comme lors de nos publications antérieures de déterminer les conditions de formation et la stabilité des produits de réaction.

Nous avons tout d'abord appliqué ce mode opératoire au cyanure

---

(1) Séance du 4 octobre 1937.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 764; **202**, 1936, p. 420; **204**, 1937, p. 586.

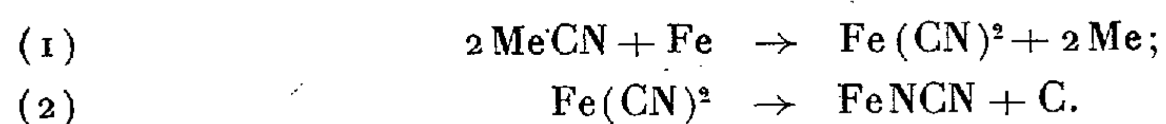
(3) Dans ce domaine de température, la forme stable est la cyanamide.

ferreux préparé suivant Hiltz ([4]). Bien que l'étude du réseau cristallin permette de lui attribuer une formule trimoléculaire ([5]), nous avons dosé, après des durées de chauffage de 8 heures, les teneurs suivantes en cyanamide :

t° C.	Teneur en cyanamide de fer (sans catalyseur).	t° C.	Teneur en cyanamide de fer (présence de 20 % de fer réduit).
375°	traces	360°	4 %
410	6,5 %	410	13,5
450	12,5	460	2
500	0,0	500	0,0

Ce tableau montre que le cyanure ferreux bien qu'existant à l'état de trimère présente l'instabilité caractéristique de cette classe de composés. La disparition de la cyanamide s'accompagne d'un dégagement d'azote dont l'intensité croît rapidement à partir de 450°.

Un autre caractère important de ces réactions est d'être auto-catalytique. Ces faits démontrent qu'en général lors de l'addition de fer réduit aux mélanges de sels halogénés avec le cyanure de sodium, la catalyse ne dépend pas de l'accomplissement préalable de réactions du type suivant :



(1) $$2\,MeCN + Fe \rightarrow Fe(CN)^2 + 2\,Me;$$

(2) $$Fe(CN)^2 \rightarrow FeNCN + C.$$

Dans la plupart des cas, en effet, les cyanamides formées sont stables dans un domaine de température dépassant largement celui où FeNCN peut exister.

Si l'on compare l'évolution des ferro et ferricyanures de sodium ou de potassium à celle du cyanure ferreux, on trouve qu'aucun de ces composés ne donne de cyanamide, même en présence de catalyseur. Ceci est dû au fait que la température de décomposition du réseau complexe est voisine de 450°, valeur pour laquelle la vitesse de destruction de la cyanamide de fer est déjà grande.

Par contre, l'application du même mode opératoire aux mélanges de chlorure ferrique anhydre et de cyanure de sodium, nous a donné les valeurs suivantes ([6]) :

([4]) *Z. anorg. Chem.*, **170**, 1928, p. 162.

([5]) Brill et Mark, *Z. für Phys. Chem.*, **133**, 1928, p. 455.

([6]) Les valeurs obtenues dans ces expériences ne caractérisent que des états sta-

$FeCl^3 + 3NaCN$ pur.		$FeCl^3 + 3NaCN$ (+ 20 % de fer réduit).	
t° C.	Teneur en cyanamide.	t° C.	Teneur en cyanamide.
°	%	°	%
360	2	350	1
400	3	400	7
450	2,4	450	7
500	0,3	500	0,0

La présence de cyanamide, dans ces conditions, vérifie une fois de plus ce caractère général d'instabilité des cyanures de métaux lourds.

La facile préparation des chlorures de nickel et de cobalt anhydres permettait de faire commodément les mêmes recherches sur les relations de leur cyanure avec la cyanamide. Voici les résultats que des durées de chauffage de 8 heures nous ont fourni :

$NiCl^2 + 2NaCN$.		$NiCl^2 + 2NaCN$ (+ 20 % de fer réduit).	
t° C.	Teneur en NiNCN.	t° C.	Teneur en NiNCN.
°	%	°	%
350	0	350	0,0
400	0	400	12,1
450	0	450	10,5
500	0	500	0,0

Avec le chlorure de cobalt, nous avons obtenu les valeurs suivantes :

$CoCl^2 + 2NaCN$.		$CoCl^2 + 2NaCN$ (+ 20 % de fer réduit).	
t° C.	Teneur en CoNCN.	t° C.	Teneur en CoNCN.
°	%	°	%
345	1,6	360	7,1
400	6,6	400	15,7
450	8,9	465	6,7
550	0,0	550	0,0

Ces résultats montrent que l'effet de la température sur la stabilité des cyanures et cyanamides des éléments fer, cobalt et nickel, présente une assez grande similitude, conforme d'ailleurs à l'analogie des aptitudes réactionnelles de ces métaux. En outre, ils permettent d'exclure dans l'interprétation de la catalyse cyanure-cyanamide, l'hypothèse d'une réaction de double échange s'effectuant entre le métal pulvérulent et les composants du mélange salin.

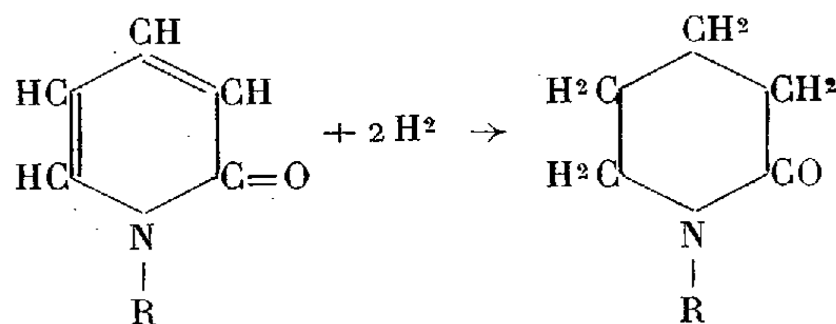
---

tionnaires. Elles peuvent varier sensiblement suivant le soin pris pour assurer la diffusion réciproque des constituants du mélange au cours du chauffage. L'apparition et la disparition de la cyanamide dépendent cependant surtout de la température.

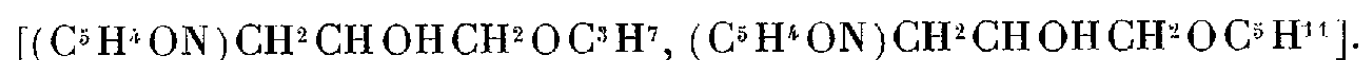
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de quelques α-pyridones N-substituées au moyen du nickel de Raney.* Note de M. **Jean-Albert Gautier**, présentée par M. Auguste Béhal.

J'ai décrit [1] la préparation et les propriétés d'α-pyridones substituées à l'azote par des groupements hydroxylés divers. La présente Note est relative à la transformation de tels composés en α-pipéridones correspondantes grâce à l'hydrogénation catalytique.

L'hydrogénation du noyau pipéridonique avait déjà été réalisée par divers auteurs : Ruzicka [2] et V. Grave [3] ont décrit l'hydrogénation de la N-méthyl-α-pyridone; Binz et Räth [4] ont transformé en pipéridones des α-pyridones obtenues par alcoylation à l'azote de l'α-pyridone proprement dite. Tous ces chercheurs employaient l'hydrogénation catalytique, seule susceptible de n'affecter que le noyau et mettaient en œuvre des catalyseurs coûteux (platine) ou des pressions et températures élevées. J'ai alors tenté une pareille transformation des α-pyridones que j'avais préparées en α-pipéridones au moyen du catalyseur au nickel de Raney et j'ai observé que ce procédé permettait une hydrogénation facile et rapide de ces composés à la température et à la pression ordinaire selon le schéma



Les α-pyridones que j'ai ainsi traitées appartenaient aux séries hydroxyalcoylée $[(C^5H^4ON)CH^2CH^2OH]$ et hydroxyalcoxylée


$$[(C^5H^4ON)CH^2CHOHCH^2OC^3H^7,\ (C^5H^4ON)CH^2CHOHCH^2OC^5H^{11}].$$

Les unes et les autres sont l'objet d'une transformation en pipéridones également facile, rapide et complète.

Les opérations étaient conduites sur des quantités de matière variant

(1) *Comptes rendus,* **196**, 1933, p. 1124; **198**, 1934, p. 1430; **203**, 1936, p. 794.
(2) *Helv. Chim. Acta,* **4**, 1921, p. 474.
(3) *Chem. Centralblatt,* **11**, 1924, p. 980.
(4) *Liebigs Annalen*, **489**, 1931, p. 107.

de 1/20e à 1/10e de molécule (8 à 20^g). La pyridone, en solution à peu près saturée dans l'alcool à 90°, était introduite dans le ballon à réaction avec une masse approximativement double du catalyseur de Raney, pesé humide.

L'agitation sous hydrogène était réalisée au moyen d'un appareillage convenable, sans addition d'alcali. L'absorption du gaz commence dès le début de l'agitation, et se montre rapide et régulière : l'absorption est d'environ 6^l à l'heure; le volume fixé varie avec le temps de façon exactement linéaire et s'arrête brusquement lorsque la quantité d'hydrogène absorbé correspond à la saturation de deux doubles liaisons par molécule (4^{l}50 d'hydrogène pour 1/10e de molécule). L'allure graphique du phénomène est représentée par une droite suivie d'un palier horizontal indéfini correspondant à la saturation. Il est à remarquer que cette courbe traduit un phénomème continu, dont l'allure ne se modifie pas entre l'absorption de la première molécule d'hydrogène et l'absorption de la seconde, ce qui incline à faire considérer les α-pyridones mises en œuvre comme des systèmes à deux doubles liaisons conjuguées.

La pipéridone formée est isolée par distillation dans le vide après qu'on a chassé l'alcool de la solution; on l'obtient à l'état de pureté avec un rendement théorique.

Ces pipéridones constituent des liquides huileux, hygroscopiques, incolores et peu odorants; elles sont solubles dans les solvants organiques usuels et d'autant moins dans l'eau que le reste substituant à l'azote est plus lourd; seule l'hydroxyéthyl-α-pipéridone est sensiblement soluble dans l'eau; seule aussi j'ai pu l'obtenir à l'état solide sous forme de cristaux hygroscopiques. Tous ces composés sont stables à l'air, ne colorent pas le perchlorure de fer, ne décolorent pas l'eau de brome (réactions des pyridones).

Les caractères réactionnels des α-pipéridones correspondent à ceux des α-pyridones qui leur ont donné naissance.

Aucune ne donne de dérivés de la fonction carbonylée, caractère déjà reconnu aux α-pyridones.

L'hydroxyéthyl-α-pipéridone donne facilement des dérivés cristallisés par ses fonctions azotée et alcoolique, comme l'hydroxyéthyl-α-pyridone. Son hydroxyle primaire augmente la solubilité de ses dérivés (picrate soluble dans l'eau).

Par contre, les pipéridones hydroxyalcoxylées se montrent, de même que les pyridones correspondantes, peu aptes à donner des dérivés définis

par leur azote et leur oxhydrile : elles montrent une basicité très faible et sont décomposées par les chlorures d'acides; il semble qu'il s'agisse là d'une déshydratation du groupe substituant hydroxyalcoxylé.

D'autres transformations de ces pipéridones sont en cours d'étude.

Description des composés isolés :

N. hydroxyéthyl-α-pipéridone, F. 39°-40°, E_{12} 173°; R. M. 37,27 (calc. 37,72); chloroaurate, F. 169°; picrate, F. 71°; phényluréthane, F. 118°.

N. (*n*-propyloxy-3-propanol-2) α-pipéridone, E_{13} 193°, R. M. 57,61 (calc. 57,83).

N. (isoamyloxy-3-propanol-2) α-pipéridone, E_{14} 208°, R. M. 66,86 (calc. 67,14).

GÉOLOGIE. — *Sur un affleurement de basalte du Cantal postérieur à une glaciation de vallée.* Note (1) de Mlle Y. **Boisse de Black.**

A l'endroit où le chemin qui relie Montagnat à Jointy débouche sur la route de Riom-ès-Montagnes à Saint-Amandin, non loin du village de Jointy, une petite carrière est ouverte sur l'autre bord de la route à 25m en face environ. Intéressante à cause de son âge, elle est creusée dans une coulée de basalte, repose sur des projections de même nature; elle se débite en prismes petits et contournés qui n'ont guère plus de 2m de hauteur; les projections n'ont qu'un mètre de puissance environ. L'ensemble de ces formations constitue, au milieu de la vallée, un monticule isolé qui a environ 300m de circonférence. La base de la coulée est à 780m d'altitude; on ne voit pas son contact avec la formation sous-jacente, mais elle semble reposer sur l'énorme épaisseur de dépôts glaciaires qui a comblé la vallée de Sapchat à Coindre-Mitoyen. On voit d'ailleurs affleurer ces dépôts à Jointy et tout près de ce basalte, le long de la route de Sapchat à Saint-Amandin, en placage sur le gneiss qui forme le versant de la vallée.

Sous Jointy, à 700 ou 800m en aval de la carrière de basalte, la base de la moraine est à environ 700m d'altitude.

Bien que les relations avec les formations environnantes ne soient pas nettes, il est impossible de supposer qu'il s'agisse là de basalte miocène, comme ceux qui affleurent au-dessus des gneiss aux environs de Ségur à une quinzaine de kilomètres au Sud-Est. La topographie et certains dépôts glaciaires indiquent que la vallée de Sapchat n'était creusée ni au Miocène,

(1) Séance du 23 septembre 1937.

ni au Pliocène supérieur; il ne peut s'agir ici que d'un basalte quaternaire, car les projections de la base et les prismes verticaux montrent que c'est un lambeau de coulée, et non le témoin d'une cheminée volcanique, qui aurait pu être entourée par les dépôts glaciaires postérieurement à sa formation.

J'ai vainement cherché dans la région quel pouvait être le point d'origine de ce lambeau de coulée. Je n'ai trouvé qu'un bloc de basalte assez volumineux, à prismes horizontaux, enchâssé sur le flanc gauche de la vallée, sous Louchère, au bord de la nouvelle route qui relie ce village à la route de Riom-ès-Montagnes; mais il ne m'a pas été possible d'en déterminer la position exacte; ce pourrait être un filon en place qui aurait donné naissance à la coulée.

Quoi qu'il en soit, la position du basalte de Jointy lui donne un âge supérieur à la première glaciation de vallée du Cantal, qui est peut-être contemporaine de la glaciation de l'Europe datée par *Elephas antiquus*, *Rhineceros Merckii*. Il est donc bien plus récent que la glaciation des plateaux du Cantal.

C'est une coulée synchrone de celle descendue des environs du lac d'Aydat, près de Clermont, indiquée sur la carte géologique en β^3. Elle est antérieure à la coulée du Tartaret, qui repose sur un fond de vallée qui a livré des ossements de Renne.

Malgré son peu d'importance, cet affleurement montre que l'activité volcanique ne s'est pas terminée, comme on le croyait, dans le Massif volcanique du Cantal, par les grandes coulées de basaltes des plateaux, placées par M. M. Boule dans le Pliocène supérieur, puisqu'on a reconnu que les basaltes de Ségur n'étaient pas des basaltes des pentes comme on l'avait noté sur la première édition de la carte géologique de Brioude.

Ce n'est que dans les massifs voisins du Cézallier et du Mont-Dore que les basaltes d'un âge aussi récent étaient connus. Remarquons toutefois que c'est dans la partie du Cantal la plus proche de ces massifs que nous rencontrons un témoin de cette activité tardive.

A ma connaissance, Jointy est le seul point du Massif Central où une coulée volcanique repose sur des dépôts glaciaires aussi récents.

GÉOLOGIE. — *Présence du Norien fossilifère sur la côte du Sud-Annam.* Note de M. E. SAURIN.

A Hoa Huynh, à l'extrémité méridionale de la feuille au 1/500000e de Quinhon, affleurent, dans le lit d'un ravin, sous 0^m,50 à 1^m d'alluvions anciennes latéritisées, des couches sédimentaires sub-horizontales qui présentent, de bas en haut, la succession suivante :

1. Grès schisteux jaunes, friables, contenant des empreintes de Lamellibranches, nombreuses et généralement floues, parmi lesquelles on peut cependant reconnaître : *Cervillia præcursor* Queenst., *Pleurophorus* sp., *Alectryonia* aff. *montis caprilis* Klipst.
2. Grès compacts gris vert, en bancs de 0^m,30, contenant surtout *Alectryonia parasitica* Krumbeck. Ces grès ont une épaisseur totale de 2^m.
3. Grès schisteux calcareux et calcaires gréseux gris noir, présentant une faune abondante dont les éléments les plus caractéristiques sont *Gervillia præcursor* Queenst., *Burmesia* aff. *lirata* M. Healey, *Protocardia proteus* Krumbeck, *Thracia prisca* M. Healey.

Cet ensemble, caractérisé par des espèces des *Napeng Beds* de Birmanie, du Norien de Buru et Misol dans l'Insulinde, qui se retrouvent aussi dans le Norien de l'Indochine du Nord, appartient donc au Norien.

Les couches fossilifères de cet étage n'étaient jusqu'ici connues, dans l'Indochine du Sud, que dans le bassin du Mékong, au Darlac occidental (1). Encore leur faune, contenant de nombreux Lamellibranches, mais aussi quelques Céphalopodes, n'y comprenait-elle pas les espèces précitées.

Les couches 3 sont surmontées, dans le voisinage de la coupe précédente, par des grès du *terrain rouge* contenant des bois silicifiés (*Araucarioxylon* sp.).

Cette série repose en discordance et en biseau, sur les terrains antéhercyniens et sur le granite hercynien du massif du Varella.

Au cycle sédimentaire dont elle fait partie se rattachent encore des grès siliceux blancs, avec intercalations de couches schisto-gréseuses vertes et rouges et de conglomérats, analogues et attribuables aux *grès supérieurs* infra-liasiques et liasiques bien développés par ailleurs dans l'Indochine du Sud. Ces derniers sédiments constituent dans la baie de Port-Dayot un îlot

(1) E. SAURIN, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 22, I, 1935, p. 102-103.

dépendant de l'île Hon Bip. A la différence des couches noriennes précédentes, ils sont assez fortement inclinés vers le Sud-Est et montrent une direction Nord-Est-Sud-Ouest. Cette allure redressée paraît due à une faille.

Ces dépôts noriens et postérieurs, bien que d'une étendue très réduite, présentent cependant, par leur situation géographique, un certain intérêt. Situés au bord de la mer, à la base orientale du massif du Varella, ils permettent de présumer l'existence d'un synclinal néo-triasique, qui s'étendait, en direction Nord-Est, au voisinage de la côte actuelle, synclinal aujourd'hui sous-marin, mais dont les couches de Hoa Huynh constituent un témoin marginal. Le massif sud-annamitique délimité à l'Ouest et au Nord par des sillons triasiques et liasiques l'était donc aussi de la même façon au Sud-Est et, la transgression néo-triasique s'étant produite sur toute sa périphérie, il formait sans doute, à la fin du Trias, une île dont le rivage sud-oriental avait sensiblement le même dessin que la côte actuelle.

Au point de vue structural, les dépôts de Hoa Huynh et de Hon Bip sont localement conservés dans une étroite dépression, maintenant en grande partie occupée par la mer, limitée, à l'Ouest, par le massif granitique du Varella, et, à l'Est, par les hauteurs de la presqu'île et des îles de Port-Dayot, granitiques et andésitiques. Sub-horizontaux, ils ont cependant subi des compressions latérales qui ont souvent déformé leurs fossiles, qui se traduisent aussi par la présence de nombreuses diaclases injectées de filonnets de quartz et enfin par la faille qui a causé le pendage assez fort des grès supérieurs de Hon Bip. Cette structure, œuvre de mouvements post-liasiques, est la même que présente, dans le massif sud-annamitique, le complexe schisto-gréseux post-hercynien affecté de mouvements semblables dès l'Anthracolithique supérieur. Ces affleurements sédimentaires y sont en effet souvent discontinus, isolés entre des éléments hercyniens généralement granitiques, dont le jeu local a déterminé l'allure des couches superposées, parfois plissées, mais aussi par ailleurs sub-horizontales et faillées.

En bordure du massif, alors émergé dans sa partie centrale, les mouvements post-liasiques ont donc répété et continué, cependant avec une intensité moindre, le style tectonique des mouvements post-hercyniens.

GÉOLOGIE. — *Sur le Gothlandien du Haut-Atlas à l'est de Marrakech.* Note de MM. **Gérard Waterlot** et **Édouard Roch**, transmise par M. Charles Jacob.

C'est dans le pays des Aït Mdioual, à l'est de Marrakech, qu'ont été découverts par L. Gentil les premiers Graptolithes de l'Afrique du Nord, dont M. L. Moret a, par la suite, précisé le gisement. L. Clariond, N. Gouskov et Éd. Roch ont signalé la présence du Silurien supérieur dans le pays de Skoura; M. Gigout a apporté récemment des données très précieuses sur la stratigraphie du Gothlandien de l'Adrar n'Dgout, à l'est du col du Tichka (¹).

Le Gothlandien du Haut-Atlas à l'est de Marrakech présente des faciès différents selon que l'on considère les affleurements du versant Sud de la chaîne montagneuse actuelle, c'est-à-dire le pays de Skoura et ceux du versant Nord ou pays des Aït Mallahl et des Aït Mdioual.

1. *Pays de Skoura* (²). — Le Gothlandien est réparti à la périphérie du massif ancien qui dessine une voûte anticlinale déversée vers le Sud.

Près de Taliouine, la succession est la suivante, de bas en haut :

1° Barre gréseuse sans fossiles;

2° Schistes noirs à *Monograptus scanicus* Tullberg, *M. dubius* Suess., *M. uncinatus*, var. *orbatus* Wood, du Ludlow inférieur;

3° Schistes noirs, gréseux, à *Cardiola interrupta* avec quelques lits calcaires à nodules renfermant des Orthocères;

4° Marno-calcaires noirs et schistes à *Dalila resecta* Barr., *Panenka erosa* Barr., *P. bohemica* Barr., *Lunulicardium eximium* Barr., etc., du Ludlow supérieur.

L'ensemble mesure 80ᵐ environ d'épaisseur.

On pourrait décrire d'autres coupes identiques à celle-ci en d'autres points du pays de Skoura : à la Koudia Tizi n'Ouourti, au Tizi n'Tafouzaret, enfin dans la tribu des Aït Kantoula, près d'Aligh n'Ouareg.

La faune graptolithique indique presque toujours le Ludlow inférieur, parfois aussi le Wenlock supérieur. La barre gréseuse ne nous a jamais fourni de Graptolithes alors qu'à l'Adrar n'Dgout, M. Gigout y a recueilli *Monograptus runcinatus* Lapw. var. *pertinax* Elles et Wood, du Tarannon inférieur. Il est cependant légitime de

(¹) Pour les références bibliographiques, voir M. Gigout, *Sur trois affleurements de terrains anciens situés entre le Rdat et la Tessaout* (Haut-Atlas marocain). *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1937.

(²) Consulter la carte schématique *in* Éd. Roch, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 289.

penser qu'à Skoura l'ensemble gréseux représente, en partie tout au moins, un niveau inférieur du Gothlandien.

2. *Versant Nord du Haut-Atlas.* — Si, quittant le pays de Skoura, nous gagnons à 40^{km} de là le versant Nord de la chaîne, nous constatons que le Gothlandien est représenté dans les Aït Mallahl et les Aït Mdioual par une puissante série de plus de 1000^{m} d'épaisseur dont la coupe, le long de l'Oued de Rougoult, est la suivante :

1° Schistes verts, gréseux, ressemblant à ceux du Cambro-Ordovicien de Skoura ;

2° Schistes noirs et petits bancs calcaires en alternances avec *Monograptus involutus* Lapw., *M. communis* Lapw., *M. triangularis* Hark., *M. lobiferus* M'Coy, etc., du Llandovery moyen ;

3° Schistes noirs et grès en alternances régulières ; les grès renferment souvent des traces de pistes à la partie inférieure de leurs bancs et des *ripple-marks* à la partie supérieure ;

4° Schistes argileux, compacts, verts ;

5° Grès, schistes gréseux, alternant avec des schistes noirs, puis gros banc de grès ;

6° Schistes noirs de Rougoult avec *Monograptus variabilis* Perner, *M. pondus* Lapw., du Tarannon.

7° Complexe gréseux à pistes ;

8° Schistes noirs à *Cyrtograptus Carruthersi* Lapw., *Retiolites Geinitzi* Barr., *Monograptus Jaeckeli* Perner, etc., du Wenlock inférieur.

9° Grès en plaquettes, grès-quartzites coupés obliquement par le « Permo-Trias » du Jebel Ibane.

Des schistes à Graptolithes du Ludlow inférieur sont connus en d'autres points des Aït Mallahl et dans les Aït Mdioual.

On retiendra donc que la série du versant Sud de l'Atlas, identique à celle de l'Adrar n'Dgout, débute par une barre gréseuse à laquelle succèdent des schistes argileux peu épais dont les faunes indiquent à la fois le Wenlock supérieur et le Ludlow inférieur. Elle offre, semble-t-il, beaucoup d'analogies avec les affleurements gothlandiens décrits dans le Sud-Marocain par MM. J. Bourcart, L. Clariond et N. Menchikoff.

Elle s'oppose par contre à la série du versant Nord du Haut-Atlas représentée par des schistes à Graptolithes et des grès à pistes et à *ripple-marks*, passant parfois à des conglomérats se répétant en alternances monotones sur des épaisseurs considérables.

Il semble que la première se soit déposée sur une zone épicontinentale tandis que la seconde, que l'on peut qualifier de *série à faciès flysch*, ait pris naissance dans un bassin de caractère subsident.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Alcalinité des cendres et perte de chlore à l'incinération.* Note de MM. **Franz Baerts** et **Romain Vandewijer**, présentée par M. Henri Colin.

On considère, en biochimie végétale, l'alcalinité des cendres comme une mesure assez approchée des acides organiques salifiés par les bases fixes.

Ce critère n'est pas absolu, l'incinération d'un milieu exempt d'organates peut parfaitement laisser un résidu alcalin en présence de sels minéraux, d'halogénures notamment. C'est le cas pour un mélange de saccharose et de KCl. A raison de 100^g de sucre et 1^g,5 de chlorure le résidu d'incinération renferme 0^g,4 environ de CO_3K_2, soit une alcalinité de 6^cm³ de liqueur alcaline normale. La perte de chlore est rigoureusement équivalente; c'est la raison pour laquelle le dosage de Cl dans une liqueur sucrée de chlorure donne des résultats très différents suivant que l'on opère sur la solution elle-même ou sur le résidu de calcination.

La volatilité du chlorure n'y est pour rien, le chlore s'élimine au moufle à peine rouge, bien avant que le charbon n'ait disparu; tout se ramène, par conséquent, à la transformation d'une partie du chlorure en carbonate par action de l'eau et de l'acide carbonique issus de la décomposition de la matière organique.

Les lois du phénomène, dans les conditions de l'expérience, sont les suivantes :

1° Pour une quantité donnée de sucre, 25^g dans l'espèce, l'excès de KCl n'augmente que faiblement le rendement en CO^3K^2.

KCl (gr).....	0,125	0,250	0,375	0,480	0,938	1,875	3,750	9,375
CO^3K^2 (gr)...	0,086	0,093	0,100	0,100	0,102	0,110	0,117	0,115

2° La transformation du chlorure est limitée; elle se réduit à rien pour un mélange à parties égales de carbonate et de chlorure.

	g	g
KCl..................	0,291	0,208
CO^3K^2.................	0,078	0,155
CO^3K^2 formé..........	0,168	0,006

3° Si l'on expérimente successivement sur différents chlorures, on voit que leur transformation en carbonates est en rapport avec la chaleur de

formation des oxydes correspondants; très prononcée pour $CaCl^2$ elle est pratiquement complète pour LiCl.

	LiCl.	KCl.	NaCl.	$CaCl^2$.	$BaCl^2$, $2H^2O$.
Chlorure (gr.)...................	0,215	0,375	0,294	0,280	0,616
Carbonate formé (gr.)............	0,178	0,100	0,074	0,149	0,129
Pourcentage de chlorure transformé.	95	29	28	60	26

4° Le rendement en carbonates, pour les divers halogénures d'un même métal, dépend, toutes choses égales, de la chaleur de formation des hydracides correspondants.

	NaF.	KCl.	KBr.	KI.
Halogénure (gr.).................	0,212	0,375	0,600	0,836
Carbonate formé (gr.)............	0,140	0,100	0,038	0,037

5° Le glucose et le fructose se comportent à peu près comme le saccharose; le rendement est moindre avec l'amidon et la cellulose, il est nul avec la paraffine, faible avec les acides monovalents, plus élevé avec les oxyacides, plus encore avec les acides bibasiques, et d'autant que les carboxyles sont moins éloignés.

Substance organique.		KCl.	CO^3K^2.	Substance organique.		KCl.	CO^3K^2
Saccharose......	25^g	0^g,375	0^g,100	Acide oxalique...	2^g,52	0^g,500	0^g,442
Glucose........	»	»	0,080	» malonique.	2,08	»	0,124
Fructose.......	»	»	0,086	» succinique.	2,36	»	0,056
Amidon.........	»	»	0,042	» malique...	2,72	»	0,193
Cellulose.......	»	»	0,039	» tartrique...	3,00	»	0,231
Acide stéarique..	»	»	0,008	» citrique...	4,20	»	0,179
Acide tartrique..	»	»	0,340	» maléïque..	2,32	»	0,114
Glycocolle......	1,5	0,500	0,020	» fumarique.	2,32	»	0,081

On voit par là que les pertes de chlore, avec formation corrélative de carbonates, sont loin d'être négligeables lors de l'incinération des tissus ou des préparations organiques, partout où font défaut les organates générateurs d'alcalinité.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un principe lacrymogène des racines de* Ranunculus Thora *L.* Note de M. **André Goris**, transmise par M. Maurice Javillier.

Les naturalistes du Moyen-âge considéraient *Ranunculus Thora*, espèce des terrains calcaires de la zone alpine, comme la plante dont le suc servait aux Gaulois pour empoisonner leurs pointes de flèches.

Le but de ce travail était de rechercher le principe toxique justifiant semblable réputation.

La plante intacte fraîche ne dégage aucune odeur; après broyage on perçoit une odeur irritante, très violemment lacrymogène, peu nette avec les parties aériennes, très intense avec les parties souterraines.

Cette odeur n'étant pas due à une essence sulfurée, nous avons soumis les racines fraîches broyées à un entraînement par la vapeur d'eau. L'épuisement par l'éther des eaux distillées permet d'obtenir un produit huileux lacrymogène et vésicant, se transformant rapidement en une masse non cristallisée dépourvue d'action irritante. Des traitements répétés de ce produit amorphe par l'acétone bouillant ne permettent d'extraire que de très faibles quantités d'une substance cristallisée fondant à 147°.

La masse amorphe, après épuisement par l'acétone, est insoluble dans tous les solvants. Elle se décompose et charbonne sans fondre.

D'autres essais furent entrepris pour isoler le principe lacrymogène.

1° Des racines fraîches broyées ont été épuisées par l'éther; après concentration se déposent quelques cristaux non vésicants; les eaux mères abandonnent une huile d'odeur piquante qui se transforme rapidement en une masse amorphe non irritante.

2° Des racines fraîches ont été stabilisées puis épuisées par l'alcool à 95° bouillant. Après distillation de l'alcool, le résidu, qui présente une odeur irritante, a été lavé à l'éther; celui-ci abandonne par évaporation quelques cristaux (F : 147°) et un peu du produit huileux déjà signalé. La partie insoluble dans l'éther est constituée par un mélange de glucides.

3° Par l'acétone bouillant on obtient les mêmes résultats.

Ces divers traitements ne conduisent donc qu'au même corps cristallisé en prismes incolores, anhydres, de formule $C^{10}H^{8}O^{4}$ (F. 147°).

Analyse : C % 62,59; H % 4,42; P. M. (par ébullioscopie dans l'acétone) 192,5. *Théorie :* pour $C^{10}H^{8}O^{4}$, C % 62,5; H % 4,17; P. M. 192.

Très soluble dans l'acétone, soluble à chaud et peu soluble à froid dans l'éther, le benzène, le chloroforme, l'alcool, il est insoluble dans l'eau. Il se

dissout sans coloration dans l'acide sulfurique concentré et avec une coloration rouge dans la soude aqueuse; il réduit la liqueur de Fehling. La solution alcoolique diluée additionnée d'une goutte de solution de nitroprussiate de sodium, prend, avec une goutte de lessive de soude, une coloration rouge qui vire au violet par acidification par l'acide acétique.

L'analyse, les propriétés chimiques et physiques et les réactions de coloration, permettent de conclure à l'identité de ce corps et de l'anémonine. Le mélange de celle-ci et de notre produit conserve le P. F. 147°.

Nous avons constaté d'autre part que des racines séchées à l'air, ou ayant subi l'action plasmolysante de vapeurs d'éther ne présentaient plus, lorsqu'on les broyait, l'odeur violemment lacrymogène des racines fraîches. L'épuisement par l'éther de ces racines donne, après concentration du solvant, une forte proportion d'anémonine et une très faible quantité d'huile vésicante, se transformant rapidement en masse amorphe.

Ces produits ont déjà été signalés chez les Renonculacées dans les feuilles d'un certain nombre d'espèces des genres *Ranunculus*, *Clematis*, *Anemone*, par Hanriot, Beckurts, puis par Asahina [1].

D'après les rendements publiés par ces auteurs, les espèces qu'ils ont examinées sont moins riches en huile vésicante et en anémonine que les racines de *R. Thora* L.; d'ailleurs nous n'avons constaté qu'un effet vésicant et lacrymogène peu sensible après broyage de la plupart d'entre elles.

Il résulte de nos essais que le rendement en anémonine est plus élevé en épuisant les racines sèches par l'éther, qu'en opérant par entraînement à la vapeur d'eau sur les racines fraîches.

Asahina admet la préformation, dans ces plantes, d'une huile vésicante (*protoanémonine*), se transformant très rapidement après l'extraction en un dimère, l'anémonine, et en un polymère plus complexe amorphe et insoluble. Il souligne la difficulté d'obtenir une forte proportion d'anémonine à partir de la protoanémonine.

Nous avons retiré de racines fraîches, vésicantes après broyage, une faible quantité d'anémonine et une proportion élevée de corps huileux lacrymogène, et inversement de racines sèches, non irritantes après broyage, une forte proportion d'anémonine et peu de produit huileux vésicant. Ces faits confirmeraient la formation de l'anémonine à partir

---

(1) Hanriot, *Bull. Soc. Chim.*, **47**, 1887, p. 683; Beckurts, *Arch. Pharm.*, **230**, 1892, p. 182; Y. Asahina, *Arch. Pharm.*, **253**, 1915, p. 590; *Acta Phytochimica*, **1**, 1922, p. 1.

de la protoanémonine, mais nous pensons que la protoanémonine n'existe pas préformée dans la plante et apparaît au cours du broyage, par suite d'une réaction fermentaire que nous n'avons pu encore préciser.

La toxicité signalée par les auteurs anciens ne pouvant être attribuée ni à l'anémonine, ni à la protoanémonine instable, ni au produit amorphe insoluble, nous avons, après avoir constaté l'absence d'alcaloïde dans la plante, recherché, par des essais physiologiques, la présence éventuelle d'une substance toxique, que nous n'aurions pu isoler. Il semble n'exister dans cette plante aucune substance dont la toxicité, par voie parentérale, justifie sa réputation d'ancien poison de flèches.

ZOOLOGIE. — *Cycle évolutif d'un Trématode de la famille des* Allocreadiidæ *Stossich* [Allocreadium angusticolle (*Hausmann*)]. Note de M. **Paul Mathias**, présentée par M. Charles Gravier.

J'ai montré [1] que les *Gammarus pulex* L. récoltés aux environs de Montpellier, dans le Lez, près de sa source, renferment des kystes de Trématodes qui évoluent dans l'intestin d'*Anguilla vulgaris* Turton et de *Cottus gobio* L. en *Allocreadium angusticolle* (Hausmann), parasite rarement signalé jusqu'à présent.

D'autre part, parmi les Mollusques aquatiques que l'on trouve aux mêmes endroits que les *Gammarus* infestés, il y a des *Neritina fluviatilis* L. Celles-ci, dans la proportion de 70 à 80 pour 100, contiennent dans leur tortillon de nombreux sporocystes filiformes, plus ou moins colorés en jaune brunâtre à maturité. Très mobiles et très contractiles, ils présentent une extrémité antérieure effilée toujours en mouvement et une postérieure arrondie. Leur taille atteint de $1^{mm},36$ à $2^{mm},86$ de long sur $0^{mm},24$ à $0^{mm},35$ de large. Ils renferment un nombre considérable de cercaires, caractérisées par la présence d'une queue courte en forme de cloche qui sert pour la fixation de la cercaire. La longueur totale de celle-ci varie de $0^{mm},23$ à $0^{mm},38$, sa largeur de $0^{mm},031$ à $0^{mm},060$ suivant l'état de contraction. La queue mesure de $0^{mm},032$ à $0^{mm},053$ de long sur $0^{mm},018$ à $0^{mm},025$ de large. La cercaire possède deux ventouses; une orale de $0^{mm},030$ à $0^{mm},050$ de diamètre qui porte sur son bord dorsal un aiguillon court et large, légèrement rétréci vers la base, mesurant de $0^{mm},011$ à $0^{mm},016$ de long sur

(1) P. Mathias, *C. R. Soc. Biologie*, 122, 1936, p. 1175-1177.

$0^{mm},006$ de large; une ventrale, située un peu en arrière de la moitié du corps, qui a de $0^{mm},030$ à $0^{mm},060$ de diamètre. En avant de la ventouse ventrale et disposés de chaque côté du corps, il y a deux groupes de 6 cellules glandulaires chacun. Ces diverses cellules rejettent leurs sécrétions par autant de canaux séparés qui viennent s'ouvrir au voisinage de la base de l'aiguillon. En arrière de la ventouse ventrale, se trouve une vessie excrétrice très apparente. A la ventouse orale, fait suite un tube digestif dont on ne voit distinctement que le prépharynx et le pharynx. Les glandes génitales sont réduites à l'état de deux ébauches principales situées l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la ventouse ventrale.

Cette cercaire, non signalée jusqu'à présent, appartient au groupe des cercaires cotylicerques. Elle se rapproche beaucoup, quant à l'aspect, de *Cercaria micrura* Fil., mais elle s'en différencie par : l'absence de soies sur le corps; la présence de 12 cellules glandulaires au lieu de 8; la taille de la ventouse ventrale qui est à peine plus grande que celle de la ventouse orale au lieu de lui être nettement supérieure.

A maturité, les cercaires sortent du Mollusque et se fixent, soit à sa surface, soit sur les corps immergés voisins, à l'aide de leur queue. Elles balancent leur corps alentour à la recherche d'un hôte sur lequel elles pourraient se fixer puis pénétrer pour former un kyste, après avoir perdu leur queue.

J'ai ainsi obtenu la pénétration de ces cercaires dans des *Gammarus pulex* L. et dans des *Asellus aquaticus* L. indemnes de parasites. Les kystes sécrétés sont transparents et contiennent une métacercaire qui ne tarde pas à perdre son aiguillon et grossit peu à peu, de telle sorte que le kyste augmente progressivement de taille pour atteindre de $0^{mm},31$ à $0^{mm},38$ de long sur $0^{mm},28$ à $0^{mm},31$ de large au bout de 30 à 40 jours. Les organes génitaux de la métacercaire sont déjà bien différenciés après 17 à 18 jours. Trois semaines environ après leur formation, les kystes sont susceptibles de se développer si on les fait avaler par un hôte approprié. Les métacercaires contenues dans ces kystes obtenus expérimentalement sont tout à fait semblables à celles des kystes des *Gammarus* du Lez. J'ai fait alors absorber à des Anguilles dépourvues de parasites des *Gammarus* porteurs de kystes obtenus expérimentalement à partir des cercaires précédentes. A l'autopsie, j'ai trouvé dans l'intestin de ces Poissons des Trématodes qui sont manifestement des *Allocreadium angusticolle* (Hausmann). Nous avons ainsi la preuve que la cercaire trouvée dans les *Neritina fluviatilis* L. du Lez appartiennent bien au cycle évolutif de l'*Allocreadium angusticolle*

(Hausmann), cycle qui n'a pas encore été décrit et que nous pouvons résumer ainsi :

L'œuf donne un miracidium qui pénètre dans une *Neritina fluviatilis* L. et engendre des sporocystes où se forment des cercaires à queue en cloche. A maturité, celles-ci pénètrent dans des *Gammarus pulex* L. ou des *Asellus aquaticus* L. pour y former des kystes qui évoluent dans l'intestin d'*Anguilla vulgaris* Turton ou de *Cottus gobio* L., lorsqu'ils sont avalés par ces Poissons, en *Allocreadium angusticolle* (Hausmann) qui pond au bout de quelques jours et le cycle recommence.

PHARMACOLOGIE. — *Modifications apportées à l'action hyperglycémiante de l'adrénaline, par addition de sels de zinc.* Note de M. **Henry Schwab**, transmise par M. Maurice Javillier.

L'addition de chlorure de zinc, soit à l'insuline seule ([1]), soit aux complexes résultant de l'association de celle-ci avec la protamine ([2]), ou avec la gélatine ([3]), permet de prolonger d'une manière notable la durée des effets hypoglycémiants de cette hormone et d'étendre ainsi le champ de ses applications thérapeutiques.

Le mécanisme de cette curieuse action reste encore inexpliqué. Deux hypothèses peuvent être envisagées suivant que le sel de zinc intervient soit sur l'hormone elle-même, en formant un complexe dont l'action serait plus lente mais plus durable, soit sur le substratum cellulaire dont les propriétés physiques et par conséquent les aptitudes fixatrices pourraient ainsi se trouver modifiées.

Pour apporter quelque lumière dans ce problème, il était intéressant de rechercher si l'influence du zinc se manifesterait également vis-à-vis de l'action d'une substance comme l'adrénaline dont on sait que les effets sur la glycémie sont juste l'opposé de ceux de l'insuline, si bien qu'on a parfois envisagé ces deux hormones comme antagonistes, mais dont on sait également que sa structure chimique essentiellement différente ne permet pas d'envisager pour l'action du zinc un processus chimique s'appliquant identiquement à deux hormones aussi distinctes. Il faudrait alors songer

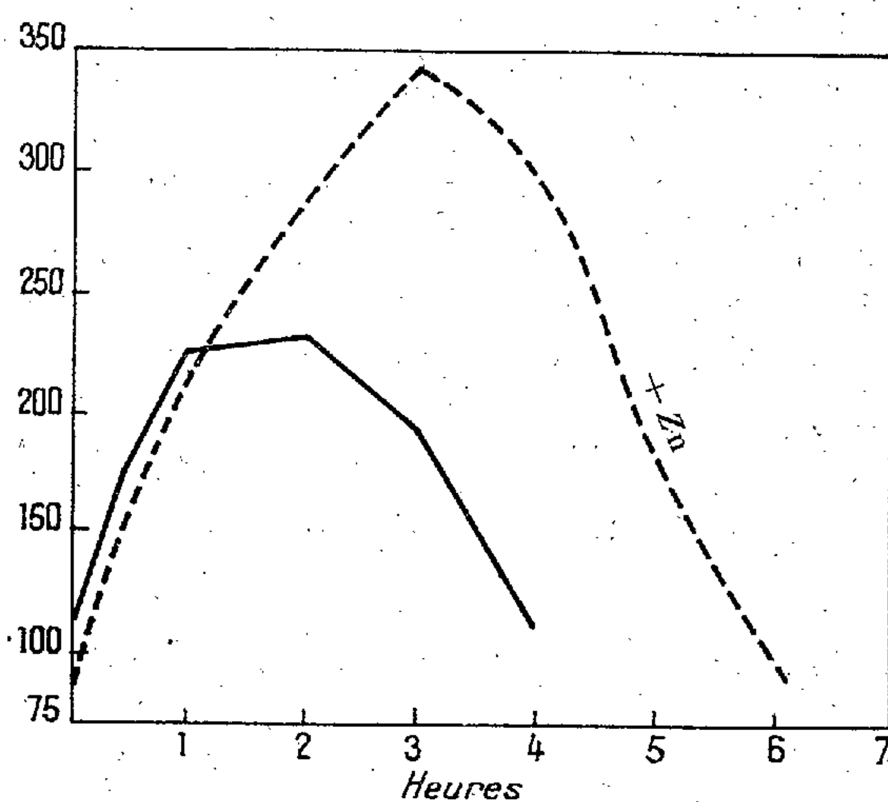
---

([1]) Scott et Fisher, *J. of Pharmacology and Exp. Ther.*, 54, 1935, p. 206.
([2]) Scott et Fisher, *J. of Biol. Chem.*, 114, 1936; *Proceed.*, 30, 1936, p. XXXVIII.
([3]) Broun et Schwab, *Paris Médical*, 27, 1937, p. 212.

plutôt à un processus biologique s'exerçant sur un même substratum cellulaire et dont on pourrait s'expliquer ainsi qu'il conduit pour les deux hormones à une modification analogue.

Nous avons entrepris une telle étude et nous avons pu constater que sous l'influence du zinc les effets hyperglycémiants de l'adrénaline sont à la fois prolongés et renforcés et que leur maximum d'intensité est atteint plus tardivement.

Nos expériences ont été effectuées sur des lapins de 2^{kg} à 3^{kg} maintenus à jeun depuis au moins 12 heures. L'adrénaline à la dose de $0^{mg},25$ par kilogramme et le zinc à la dose de $0^{mg},15$ par kilogramme (sous forme de CL_2Zn) furent simultanément injectés par la voie sous-cutanée. Le graphique que nous reproduisons ci-dessous montre nettement le retar-



En abscisse, le temps en heures; en ordonnée, la glycémie en centigrammes de glucose par litre.

dement et le renforcement des effets hyperglycémiants de l'adrénaline, ainsi que l'allongement manifeste de leur durée.

Tandis que, pour l'adrénaline seule, le maximum de l'hyperglycémie est généralement atteint 2 heures après l'injection et comporte un taux de glucose d'environ 2 à $2^{g},5$ par litre, pour l'adrénaline en présence de zinc le taux maximum de la glycémie qui est de $3^{g},5$ par litre est atteint 1 heure plus tard, c'est-à-dire 3 heures après l'injection. D'autre part le retour à la normale qui, pour l'adrénaline seule se fait en général 4 heures après le début de l'expérience, ne s'observe qu'après 6 à 7 heures lorsque l'adrénaline est associée au zinc.

Ainsi l'action qu'exerce le zinc sur la durée des effets de l'insuline, s'observe également d'une manière des plus nettes avec l'adrénaline ([4]), c'est-à-dire avec l'hormone qui au point de vue de la régulation glycémique est l'antagoniste de l'insuline. Il semble qu'on puisse conclure de ces faits que l'action ainsi produite par le zinc ne dépend pas d'une combinaison chimique ou physico-chimique du métal avec les deux hormones envisagées dont la nature est comme on le sait si différente, elle résulterait plus vraisemblablement d'une action s'exerçant sur le substratum cellulaire et consistant vraisemblablement en une modification de la structure colloïdale ([5]) du protoplasma entraînant un changement dans les propriétés fixatrices de ce dernier.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *La pyrimidine et le thiazol, facteurs de croissance pour le Flagellé* Polytomella cæca. Note de MM. **André Lwoff** et **Hisatake Dusi**, présentée par M. Félix Mesnil.

Le Flagellé Polyblépharidé sans chlorophylle, *Polytomella cæca* (Leucophyte), n'a pu être cultivé jusqu'ici, en culture bactériologiquement pure, qu'en présence de substances organiques complexes, telles que les peptones ou la décoction d'humus ([1]). D'après Pringsheim, la substance active de l'humus est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et l'éther, très résistante aux acides et aux bases, détruite par l'eau oxygénée. Dans les essais de séparation, la partie incolore s'est toujours montrée inactive et Pringsheim a pensé que la substance active était constituée par des *Humusstoffe*. Lwoff et Lederer ([2]) ont confirmé la solubilité dans l'eau, l'insolubilité dans l'alcool à 100°, montré que la substance active est adsorbée par le charbon animal et détruite par calcination et qu'il ne s'agit pas de *substances humiques*. De plus, ils ont mis en évidence le fait, passé jusque-là

([4]) Handovsky (*Arch. Intern. Pharm. Therm.*, 49, 1934, p. 230) a observé que chez le lapin, l'administration chronique d'un sel de cuivre *per os* produit de l'hypoglycémie, mais augmente l'hyperglycémie adrénalinique.

([5]) Dodds (*Lancet*, 233, 1937, p. 309) a formulé une conclusion analogue dans ses travaux sur l'influence renforçatrice exercée par le zinc sur les effets de deux substances très différentes de l'insuline, l'histamine (dans ses effets gastrosécrétoires) et les extraits posthypophysaires (dans leurs effets antidiurétiques).

([1]) E. G. Pringsheim, *Die Naturwissenschaften*, 23, 1935, p. 197; A. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 974; *Polytomella cæca* a été appelée à tort *Polytomella agilis* par Pringsheim et par Lwoff.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 971.

inaperçu, que l'extrait d'humus, malgré sa faible teneur en azote, pouvait servir d'aliment azoté à *Polytomella*.

Poursuivant nos recherches sur la nutrition des Protistes Eucaryotes, nous avons essayé de définir les facteurs de croissance nécessaires à *Polytomella cæca;* l'aneurine pouvait être *a priori* soupçonnée. Le rôle de l'aneurine comme facteur de croissance pour de nombreux organismes est en effet aujourd'hui reconnu. Des recherches systématiques ont permis d'identifier à l'aneurine le facteur de croissance du *Phycomyces blakesleanus* (Schopfer 1935-1936) et celui de *Staphylococcus aureus* (Knight 1937). On sait d'autre part que l'aneurine est indispensable à de nombreux Champignons, Ascomycètes et Basidiomycètes (Kögl et Fries 1937) ([3]). On sait aussi que, pour *Staphylococcus aureus*, l'aneurine peut être remplacée par la pyrimidine et le thiazol (Knight 1937), fait étendu au *Phycomyces* indépendamment par Schopfer et Yung (1937) et par H. M. Sinclair (1937) ([4]).

Cependant l'aneurine n'a pas encore été, à notre connaissance, définie comme facteur de croissance pour un Flagellé. Dans le milieu suivant : asparagine, 2; acétate de sodium, 2; sulfate de magnésium, 0,1; biphosphate de potassium, 0,2; chlorure de potassium, 0,1; chlorure ferrique, traces; eau redistillée, 1000; soude, q. s. pour $pH = 6,5$, les cultures sont très pauvres, 14 Flagellés par millimètre cube et le développement est très vraisemblablement dû à la présence de traces de substances apportées par l'asparagine, non synthétique.

L'addition au milieu d'aneurine synthétique (Hoffmann La Roche) permet d'obtenir à 20° en 3 jours, en tubes de 9^{cm^3}, des cultures renfermant plus de 700 Flagellés par millimètre cube. Des essais dans des milieux plus oxygénés ou plus riches en aliment azoté n'ont pas encore été réalisés. L'aneurine est encore très active à une dilution de $N \times 10^{-9}$. Elle ne peut être remplacée ni par le 4-méthyl-5-β hydroxyéthyl thiazol, ni par la 4-amino-5 aminométhyl-2 méthyl-pyrimidine, préparations synthétiques de A. R. Todd transmises par B. C. J. G. Knight.

Mais, comme pour *Staphylococcus* et *Phycomyces*, les deux corps ajoutés

---

([3]) Bibliographie *in* Fildes et Richardson, *Brit. Journal of Exper. Path.*, 28, 1937, p. 292; Kögl et Fries, *Zeit. f. physikal. Chemie*, 249, 1937, p. 93; Knight, *Proc. Roy. Soc.*, 124, sér. B, 1937, p. 8.

([4]) Schopfer et Yung, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1500; Sinclair, *Nature*, 140, 1937, p. 361.

ensemble au milieu de culture permettent un développement aussi abondant que celui obtenu en présence d'aneurine.

Toutes nos expériences ont été effectuées dans le milieu à l'asparagine. Si l'asparagine et l'acétate de sodium sont remplacés par l'acétate d'ammonium (Merck *pro analysi*), les résultats sont entièrement négatifs, même en présence de tryptophane, de cystéine et de l'amide de l'acide pyridine β-carbonique, facteur de croissance pour *Staphylococcus aureus* (Knight, 1937).

Polytomella cæca a donc besoin, en plus de la pyrimidine et du thiazol, d'un ou plusieurs autres facteurs présents sous forme d'impureté dans notre échantillon d'asparagine naturelle, non purifiée. Il est possible que, comme dans le cas de *Lophodermium pinastri*, étudié par Kögl et Fries, l'un de ces facteurs soit la biotine de Kögl.

De nombreux microorganismes n'ont pu être cultivés jusqu'ici que dans des solutions de *peptones*. La peptone apporte l'aliment azoté, parfois l'aliment carboné et des facteurs de croissance variés : groupement — SH dans le cas de *Saprolegnia* (Volkonsky 1932), pyrimidine, thiazol et amide de l'acide nicotinique dans le cas de *Staphylococcus aureus* (Knight, 1937). Pour des organismes comme le Cilié *Glaucoma piriformis* et le Trypanosomide *Strigomonas oncopelti*, qui ne se développent que très mal ou pas du tout dans la *soie hydrolysée* (laquelle suffit à tous les Leucophytes étudiés jusqu'ici), des facteurs de croissance sont nécessaires dont feront peut-être partie la pyrimidine et le thiazol.

Pour en revenir aux Flagellés Leucophytes, nous savons d'ores et déjà que *Polytoma obtusum* (Chlamydomonadine), qui se multiplie parfaitement dans le milieu à l'asparagine, est capable de synthétiser la pyrimidine et le thiazol.

Aux deux facteurs de croissance connus pour les Protozoaires, l'hématine, indispensable à certains Trymanosomides (M. Lwoff) et le cholestérol, indispensable à *Trichomonas columbæ* (R. Cailleau), viennent s'ajouter les deux constituants de l'aneurine (vitamine B_1). *Polytomella cæca* a donc perdu le pouvoir de réaliser la synthèse de la pyrimidine et du thiazol et d'un ou plusieurs autres facteurs de croissance, non encore identifiés.

A 15^h30^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h35^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 OCTOBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 26 octobre, au lieu du lundi 25, jour de la séance publique des cinq Académies.

Notice nécrologique sur Jean-Baptiste Senderens, par M. **Marcel Delépine**.

M. le Chanoine Jean-Baptiste Senderens naquit le 27 janvier 1856 à Barbachen, petite commune du canton de Rabastens-de-Bigorre, dans les Hautes-Pyrénées, et c'est là qu'il mourut le 26 septembre dernier, après une longue et magnifique carrière. Notre Compagnie l'avait choisi comme Correspondant dans la Section de Chimie le 4 décembre 1922.

Après de brillantes études au Collège de Garaison, il entra à l'Institut catholique de Toulouse pour y conquérir ses grades universitaires. Filhol l'admit dans son laboratoire, et c'est auprès de ce maître qu'il puisa pour la Chimie un enthousiasme qui ne devait jamais s'attiédir. Dès 1881, il publiait avec Filhol quelques Notes sur les phosphates et les arséniates. Par la suite, ses mérites lui eussent parfaitement permis d'acquérir une situation scientifique dans l'Université, mais, prêtre, il voulut se consacrer à son Institut catholique; il y fonda en 1882 une école des Sciences dont il fut professeur, puis doyen pendant de longues années.

Il soutint en 1892 une Thèse de doctorat ès sciences remarquée *Sur l'action du soufre sur les oxydes et les sels en présence de l'eau*, mais il

avait aussi fait des observations fort intéressantes relatives à l'action des métaux sur les sels métalliques, notamment les azotates; par une étude minutieuse des phénomènes, Senderens reconnut que, sur 90 cas, une dizaine seulement sont conformes aux exigences théoriques de la loi dite de Richter; dans les autres cas le métal du sel n'est pas simplement déplacé, il se forme des sels basiques, des alliages etc..

En 1892, commença avec M. Sabatier une collaboration qui s'étendit jusqu'en 1907. Débutant par une étude des métaux nitrés extrêmement intéressante de par la nature imprévue des combinaisons obtenues, cette collaboration devait, de 1899 à 1907, atteindre une originalité, une ampleur et une fécondité qui firent époque dans la Science : il s'agit de la création des méthodes d'hydrogénation et de déshydrogénation par les métaux divisés, tels que le nickel, le cuivre, qui ont rendu célèbres dans le monde entier les noms des deux savants. Grâce au nickel, l'hydrogène peut être fixé sur les carbures non saturés, sur les carbures aromatiques, les aldéhydes, les cétones, les phénols, les nitriles, les composés nitrés etc., avec une facilité et une élégance qu'on n'aurait jamais imaginées avant ces recherches. Pour citer un bel exemple, alors que Berthelot et Wreden avaient à peine entrevu la transformation du benzène en cyclohexane, une telle opération est un jeu quand on opère en présence du nickel. De même l'alcool en présence de cuivre divisé subit une scission fondamentale en hydrogène et aldéhyde. Ces phénomènes ont familiarisé les chimistes avec la notion pratique de la catalyse; leur découverte a eu des conséquences innombrables, tant pour la chimie pure que pour les applications industrielles.

Mais la catalyse ne s'applique pas qu'aux hydrogénations et déshydrogénations, habilement orientée avec des matériaux appropriés, elle intervient dans une multitude d'autres phénomènes. En substituant aux métaux divisés certains oxydes ou sels, thorine, alumine, sulfate d'aluminium, etc., on réalise la déshydrogénation des alcools en carbures non saturés, on change les acides en cétones, avec toutes les modalités que comporte la variété des substances mises en œuvre. Cette tâche occupa principalement Senderens (souvent en collaboration avec M. Aboulenc), de 1907 à 1913.

L'intérêt de ces recherches avait attiré l'attention d'un de nos plus éminents industriels, M. Camille Poulenc, qui avait confié à Senderens la préparation de quelques substances sur un pied semi-industriel afin, surtout, d'en mettre un certain nombre, des plus rares jusque-là, à la disposition des savants. Puis, en 1913, Senderens collabora plus étroitement encore

avec les établissements Poulenc; on lui installa à l'usine de Vitry-sur-Seine un laboratoire personnel où il continua ses recherches de catalyse en les étendant à l'hydrogénation sous pression des sucres et des polyphénols, ainsi qu'à la synthèse des cétones les plus diverses. Dans cette période, qui dura jusqu'en 1922, s'intercale la guerre; Senderens rendit les plus grands services en dirigeant des recherches intéressant la défense nationale.

L'âge venant, il rentra dans son pays natal, mais non pour y prendre une retraite définitive; la maison Poulenc lui installa à Barbachen un laboratoire où il poursuivit quiètement ses recherches pour ainsi dire jusqu'à sa dernière heure. Dans cette période finale, Senderens continua surtout ses études de catalyse par voie humide et il retira, notamment, de l'emploi de l'acide sulfurique employé à dose minime des effets remarquables, soit pour déshydrater certains alcools, soit pour les éthérifier en éthers-oxydes ou en éthers-sels. Ces travaux ont porté, avec d'heureux succès, sur des centaines de systèmes.

Ajoutons que la Caisse nationale des Sciences, voulant montrer tout le prix qu'elle attachait aux travaux de Senderens, avait tenu à honneur de le compter parmi les premiers Directeurs de Recherches qui furent nommés.

Tous ceux qui ont approché notre Confrère garderont longtemps le souvenir de cet illustre et modeste savant, dont, il y a quelques mois encore, nous voyions la silhouette un peu campagnarde se détacher sur notre tableau noir avec de grands gestes. Malgré ses quatre-vingts ans, Senderens débordait toujours d'un enthousiasme aussi ardent pour la chimie que lors de ses premiers travaux; sa pétulance, la vivacité de son regard défiaient l'âge.

Nous saluons en lui l'un des meilleurs serviteurs de la Science, l'un de ceux qui ont le mieux contribué au prestige de notre pays.

M. E. Cartan fait hommage à l'Académie de ses Leçons sur *La théorie des groupes finis et continus et la géométrie différentielle*, rédigées par Jean Leray.

M. Jacques de Lapparent fait hommage à l'Académie de trois Mémoires intitulés *L'Émeri de Samos; Le langage chimique du minéralogiste; Connaissance des terres décolorantes*.

NOMINATIONS.

M. Ch. Pérez est désigné pour représenter l'Académie au *IXe Congrès Ornithologique international*, en mai 1938.

M. le Président de l'Académie est désigné pour faire partie du Comité d'Honneur du *Millénaire* de Gerbert (le pape Sylvestre II), organisé par le Comité officiel des Fêtes de la ville d'Aurillac de concert avec la Municipalité de cette ville.

PLIS CACHETÉS.

M. le Président ouvre, en séance, un paquet cacheté déposé par M. Alexandre Bussy, le 4 août 1828 et enregistré sous le n° 125.

Ce paquet contient une Note intitulée *Désignation des objets déposés à l'Académie des Sciences le 4 août 1828. Par Mr Bussy.*

Ces objets sont : 1° un tube de verre scellé contenant du chlorure de glucinium cristallisé ;

2° un filtre sur lequel se trouve du glucinium métallique ;

3° un tube de verre scellé contenant des morceaux de verre auxquels adhère du glucinium.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Torlais. *Un Rochelais grand-maître de la Franc-Maçonnerie et physicien au* XVIIIe *siècle, Le Révérend J.-T. Désaguliers.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur le changement des coefficients d'une connexion projective.* Note de M. **Kentaro Yano**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans sa théorie des variétés à connexion projective, M. Élie Cartan [1] attache, à chaque point A_0 d'une variété, un repère projectif $[A_0, A_1, \ldots, A_n]$ et il définit une connexion projective au moyen des formules

$$(1)\quad \begin{cases} dA_0 = \omega_0^0 A_0 + \omega_0^1 A_1 + \ldots + \omega_0^n A_n, \\ dA_1 = \omega_1^0 A_0 + \omega_1^1 A_1 + \ldots + \omega_1^n A_n, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ dA_n = \omega_n^0 A_0 + \omega_n^1 A_1 + \ldots + \omega_n^n A_n, \end{cases}$$

où ω_0^i, ω_j^0 et ω_j^i $(\lambda, \mu, \nu, \ldots = 0, 1, \ldots, n; i, j, k, \ldots = 1, 2, \ldots, n)$ sont des formes de Pfaff par rapport aux différentielles $du^1, du^2, \ldots, du^n$ des coordonnées $u^1, u^2, \ldots, u^n$ qui déterminent le point de la variété.

Prenons un repère semi-naturel, c'est-à-dire un repère par rapport auquel les formes ω_0^i prennent les valeurs du^i

$$(2)\quad \omega_0^i = du^i,$$

alors les autres formes de Pfaff seront de la forme

$$(3)\quad \omega_0^0 = \theta_k\, du^k, \qquad \omega_j^0 = \omega_{jk}^0\, du^k, \qquad \omega_j^i = \omega_{jk}^i\, du^k.$$

La connexion étant complètement déterminée par les formes $\omega_\mu^\lambda - \delta_\mu^\lambda \omega_0^0$, posons

$$(4)\quad \Gamma_{jk}^0\, du^k = \omega_j^0, \qquad \Gamma_{jk}^i\, du^k = \omega_j^i - \delta_j^i \omega_0^0,$$

c'est-à-dire

$$(5)\quad \Gamma_{jk}^0 = \omega_{jk}^0, \qquad \Gamma_{jk}^i = \omega_{jk}^i - \delta_j^i \theta_k,$$

alors la connaissance des fonctions Γ_{jk}^0 et Γ_{jk}^i nous donne la loi de déplacement projectif.

Cela étant, considérons une transformation de la forme $\theta_k\, du^k$,

$$(6)\quad \bar{\theta}_k\, du^k = \theta_k\, du^k + \Phi_k\, du^k,$$

ce qui entraîne une transformation du repère

$$(7)\quad \begin{cases} \bar{A}_0 = A_0, \\ \bar{A}_i = A_i - \Phi_i A_0. \end{cases}$$

---

[1] E. Cartan, *Leçons sur la théorie des espaces à connexion projective*, Paris, 1937.

Des équations (1) et (7), on tire la loi de transformation des fonctions ω^0_{jk} et ω^i_{jk},

$$\overline{\omega}^0_{jk} = \omega^0_{jk} - \Phi_j \Phi_k - \Phi_{j,k} + \Phi_i \omega^i_{jk} - \Phi_j \theta_k,$$
$$\overline{\omega}^i_{jk} = \omega^i_{jk} - \Phi_j \delta^i_k,$$

où

$$\Phi_{j,k} = \frac{\partial \Phi_j}{\partial u^k},$$

d'où on obtient la loi de transformation des fonctions Γ^0_{jk} et Γ^i_{jk}

$$(8) \qquad \begin{cases} \overline{\Gamma}^0_{jk} = \Gamma^0_{jk} - \Phi_j \Phi_k - (\Phi_{j,k} - \Phi_i \Gamma^i_{jk}), \\ \overline{\Gamma}^i_{jk} = \Gamma^i_{jk} - \delta^i_j \Phi_k - \delta^i_k \Phi_j. \end{cases}$$

$\overline{\Gamma}^0_{jk}$, $\overline{\Gamma}^i_{jk}$ et Γ^0_{jk}, Γ^i_{jk} définissant la même connexion projective, il est bien entendu que $\overline{\Gamma}^i_{jk}$ et Γ^i_{jk} donnent le même système de géodésiques. C'est le changement des coefficients d'une connexion projective obtenu tout d'abord par MM. H. Weyl, O. Veblen et L. P. Eisenhart ([2]).

La transformation des coordonnées

$$(9) \qquad \overline{u}^i = \overline{u}^i(u^1, u^2, \ldots, u^n),$$

donne le changement suivant du repère semi-naturel

$$(10) \qquad \begin{cases} \overline{A}_0 = A_0, \\ \overline{A}_j = \dfrac{\partial u^i}{\partial \overline{u}^j} A_i, \end{cases}$$

et les fonctions Γ^0_{jk} et Γ^i_{jk} se transforment en $\overline{\Gamma}^0_{jk}$ et $\overline{\Gamma}^i_{jk}$ de la manière suivante :

$$(11) \qquad \begin{cases} \overline{\Gamma}^0_{jk} = \dfrac{\partial u^l}{\partial \overline{u}^j} \dfrac{\partial u^m}{\partial \overline{u}^k} \Gamma^0_{lm}, \\ \overline{\Gamma}^i_{jk} = \dfrac{\partial \overline{u}^i}{\partial u^h} \left(\dfrac{\partial u^l}{\partial \overline{u}^j} \dfrac{\partial u^m}{\partial \overline{u}^k} \Gamma^h_{lm} + \dfrac{\partial^2 u^h}{\partial \overline{u}^j \partial \overline{u}^k} \right). \end{cases}$$

Si l'on pose

$$du^0 = \theta_k \, du^k,$$

$\theta_k \, du^k$ n'étant pas en général une différentielle exacte, u^0 est une variable non holonome. Si u^0 est holonome, la transformation (6) prend la forme

$$(12) \qquad \overline{u}^0 = u^0 + \Phi(u^1, u^2, \ldots, u^n),$$

([2]) Voir par exemple L. P. Eisenhart, *Non-Riemannian Geometry* (*Amer. Math. Soc. Coll.*, New-York, 8, 1927).

Φ_k étant définie par

$$\Phi_k = \frac{\partial \Phi}{\partial u^k}.$$

Dans ce cas, les formules (8) s'écrivent

$$(13) \qquad \left\{ \begin{aligned} \Gamma^0_{jk} &= \Gamma^0_{jk} - \frac{\partial \Phi}{\partial u^j}\frac{\partial \Phi}{\partial u^k} - \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial u^j \partial u^k} - \frac{\partial \Phi}{\partial u^i}\Gamma^i_{jk}\right), \\ \Gamma^i_{jk} &= \Gamma^i_{jk} - \delta^i_j \frac{\partial \Phi}{\partial u^k} - \delta^i_k \frac{\partial \Phi}{\partial u^j}. \end{aligned} \right.$$

Les formules (13) ne donnent pas un changement général des coefficients de connexion projective, mais elles donnent seulement une classe des changements.

Les transformations (9) et (12) considérées en même temps entraînent la transformation du repère semi-naturel

$$(14) \qquad \left\{ \begin{aligned} A_0 &= A_0, \\ \overline{A}_j &= \frac{\partial u^i}{\partial \overline{u}^j}\left(A_i - \frac{\partial \Phi}{\partial u^i} A_0\right). \end{aligned} \right.$$

Cette transformation constitue la *Darstellungstransformation* de M. O. Veblen [3].

Donc, nous voyons que le cas considéré par M. O. Veblen est caractérisé par le fait que la variable u^0 est holonome.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines courbes quadratiques et sur le déplacement à un paramètre.* Note de M. **Georges Tzitzéica**, transmise par M. Paul Montel.

1. J'ai donné, en généralisant un théorème de M. Cartan, une méthode pour faire la classification des courbes quadratiques. Parmi ces courbes, il y a une classe véritablement remarquable et qui a des applications intéressantes.

Soit (x) une courbe d'un espace S_n à n dimensions, tracée sur une variété quadratique Q à $n-1$ dimensions. La polaire réciproque (y) de (x) par rapport à Q n'est pas, en général, tracée sur Q. Le cas particulier que j'envisage est celui où la courbe (y) est, elle aussi, tracée sur la variété Q.

(3) O. Veblen, *Projektive Relativitätstheorie* (*Ergebnisse der Math.*, Berlin, 1933).

Pour caractériser la classe précédente de courbes quadratiques (x) dans la classification générale, je suppose que la courbe (x) est ordinaire et qu'elle n'est pas située dans un espace linéaire L_m à $m < n$ dimensions. On peut alors choisir le paramètre t et le facteur commun des coordonnées homogènes x_i ($i = 1, 2, \ldots, n+1$) de manière que

$$(xx) = 0, \qquad (x'x') = 1, \qquad (x''x'') = 0,$$

où

$$(xx) \equiv x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_{n+1}^2, \qquad x' = \frac{dx}{dt}, \qquad x'' = \frac{d^2x}{dt^2}.$$

La classe particulière est caractérisée par les relations

$$(x'''x''') = 0, \qquad (x^{\text{IV}}x^{\text{IV}}) = 0, \qquad \ldots, \qquad (x^{(p)}x^{(p)}) = 0,$$

où $p = n/2$ ou $p = (n+1)/2$, selon que n est pair ou impair. Dans ce cas, la polaire réciproque de (x) est $(y) = (x''')$ et, naturellement, il y a parfaite réciprocité entre les deux courbes (x) et (y), toutes les deux quadratiques.

2. Pour $n = 5$, (x) est l'image d'une surface réglée à lignes flecnodales confondues et (y) une surface analogue formée par les tangentes flecnodales de la première.

3. Pour $n = 7$, les huit coordonnées homogènes x_i, liées par $(xx) = 0$, peuvent être considérées comme les coordonnées de Study pour un trièdre d'un espace euclidien à trois dimensions. La courbe (x) est alors l'image d'un déplacement à un paramètre de ce trièdre.

Dans le cas particulier que nous avons considéré, au déplacement (x) il correspond un déplacement réciproque (y) jouissant des propriétés suivantes. Pour une position déterminée des trièdres correspondants x et y, on peut passer de y à x, de même qu'à chacune des six positions voisines à x, par une simple rotation. On peut passer de la même manière de x à y et à chacune des six positions voisines à y.

Il me semble que ces déplacements à un paramètre doivent jouer un rôle particulièrement intéressant en cinématique.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le conoïde de Plücker.* Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Le conoïde de Plücker est la surface des singularités du complexe de Painvin relatif à un paraboloïde hyperbolique équilatère (H); à ce titre il est l'enveloppe des plans singuliers de ce complexe.

Considérons un cylindre de direction donnée (D), circonscrit à (H). Dans le plan de Monge (M) de ce cylindre, qui est parabolique, toute parallèle à (D) appartient au complexe car les deux plans menés, par cette droite, tangents au cylindre, par suite au paraboloïde, sont rectangulaires.

Ainsi la conique du complexe relative à ce plan (M) dégénère en deux points f_0 et f_1, dont l'un, f_0, se trouve à l'infini sur la droite (D). Ce plan est donc un plan singulier et nous pouvons énoncer ce théorème : *un conoïde de Plücker est l'enveloppe des plans de Monge relatifs aux cylindres paraboliques circonscrits à un paraboloïde hyperbolique équilatère.*

Le plan (M) contient une certaine génératrice (G) du conoïde, normale à la direction (D), (qui est celle de $f_0 f_1$, génératrice singulière du complexe passant par le point de contact du plan avec le conoïde). Cette droite (G) appartient également à un paraboloïde hyperbolique, homofocal du paraboloïde (H); *la génératrice* (G) *est donc la perpendiculaire à la direction* (D), *menée par le point de contact du plan* (M) *avec le paraboloïde de la famille homofocale, qui lui est tangent.*

Quant au point f_1 nous l'obtenons comme trace, sur le plan (M), de la génératrice, normale à ce plan, d'un deuxième paraboloïde de la même famille homofocale, et dont un des plans directeurs est perpendiculaire au plan (M).

L'intersection des droites (G) *et* $f_0 f_1$ *donne le point de contact du plan* (M) *du conoïde.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur la torsion des courbes tracées sur une surface.* Note de M. **René Harmegnies**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Laguerre a démontré que l'expression

$$K = \frac{\sin\omega}{R}\left(\frac{2}{T} - 3\frac{d\omega}{ds}\right) - \frac{\cos\omega}{R^2}\frac{dR}{ds}$$

a la même valeur pour toutes les courbes tracées sur une surface, qui sont tangentes en un point M (ω est l'angle de la normale à la surface avec la normale principale de la courbe, R et T sont les rayons de courbure et de torsion).

Par rapport au trièdre M(TGN) formé par la tangente en M, la normale géodésique et la normale à la surface, le centre S de la sphère osculatrice a pour coordonnées

$$t_0 = 0, \qquad g_0 = R\sin\omega + T\frac{dR}{ds}\cos\omega, \qquad n_0 = R\cos\omega - T\frac{dR}{ds}\sin\omega.$$

Des calculs faciles permettent d'écrire K sous les deux formes suivantes :

$$(1)\qquad K = 3\frac{\sin\omega}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{d\omega}{ds}\right) - \frac{g_0}{TR^2},$$

$$(2)\qquad K = -3\left(\frac{1}{T} - \frac{d\omega}{ds}\right)\frac{\cos\omega}{R}\,\frac{n_0 - \dfrac{R}{\cos\omega}}{g_0} - \frac{\cos^2\omega}{R^2}\,\frac{1}{Tg_0}\left[g_0^2 + \left(n_0 - \frac{R}{\cos\omega}\right)^2\right].$$

La formule (1) montre que, pour toutes les courbes de la surface qui ont en M même tangente et même plan osculateur, le rayon de torsion est proportionnel à la projection de MS sur la normale géodésique; le rayon de torsion est le même pour deux courbes qui ont la même sphère osculatrice; on obtient d'ailleurs simplement ces résultats en dérivant deux fois l'égalité vectorielle $\vec{N}\vec{t} = 0$.

La formule (2) montre que, *pour toutes les courbes de la surface qui ont en* M *la même tangente et le même rayon de torsion, le lieu du centre de la sphère osculatrice est une circonférence*. Les circonférences qui correspondent à la même tangente MT et à toutes les valeurs du rayon de torsion sont tangentes entre elles au centre de courbure normale correspondant C_0; la tangente commune est le lieu, à distance finie, des centres des sphères osculatrices des courbes de torsion nulle tangentes en M à MT. Si l'une des circonférences considérées coupe en S_0 la normale MC_0, la valeur correspondante du rayon de torsion est

$$T = \frac{\mathcal{G}}{3}\,\frac{C_0S_0}{C_0M_0},$$

en désignant par $1/\mathcal{G}$ la torsion géodésique. En particulier, pour toutes les courbes tangentes à MT dont le centre de la sphère osculatrice est très voisin de M, le rayon de torsion est très voisin de $\mathcal{G}/3$.

La formule (2) cesse d'être valable si $g_0 = 0$. La formule (1) montre qu'alors on a $T = 0$, sauf pour la valeur de ω donnée en fonction de φ par

$$(3)\qquad \cot g\,\omega = \frac{3}{K}\,\frac{\cos\omega}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{d\omega}{ds}\right).$$

Inversement, si $\cot g\,\omega$ prend la valeur précédente, T est en général infini; mais si, de plus, on a $g_0 = 0$, T peut prendre une valeur quelconque; dans ce dernier cas, S est confondu avec C_0, et l'on voit que la donnée du centre de la sphère osculatrice ne suffit plus à déterminer la torsion. Des circonstances encore plus particulières se présentent si la valeur (3) de $\cot\omega$ devient indéterminée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du second ordre,* $F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$, *intégrables par la méthode de Darboux.* Note de M. **Ernest Vessiot**, présentée par M. Élie Cartan.

Ma théorie des faisceaux de transformations infinitésimales [1] m'a permis d'aborder, dans toute sa généralité, la recherche des équations $F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$, à deux systèmes de caractéristiques, qui sont intégrables par la méthode de Darboux. Il est bien remarquable que ce problème apparaît ainsi comme entièrement dominé par la théorie des groupes continus de transformations, chaque cas d'intégrabilité étant fourni par un de ces groupes.

Je considère les équations en question comme réparties en *classes* $(\mathcal{E})$, dont les diverses équations $\mathcal{E}$ dérivent de l'une quelconque d'entre elles par les diverses transformations de contact en x, y, z, p, q. A chacune de ces classes est *associée* une *classe* $(\mathcal{F})$ de faisceaux de degré 4, à 7 variables, dont les divers faisceaux $\mathcal{F}$ dérivent de l'un quelconque d'entre eux par les diverses transformations ponctuelles de l'espace à 7 dimensions [2]. Il s'agit de chercher toutes les classes $(\mathcal{E})$ intégrables par la méthode de Darboux, et, si cela est possible, de trouver pour chacune d'elles une *équation-type* qui la représente. Je cherche, pour cela, les classes $(\mathcal{F})$ associées. Ce sont celles pour lesquelles chacun des *sous-faisceaux singuliers* de tout faisceau $\mathcal{F}$ de la classe, ou de l'un de ses *prolongements*, a au moins deux invariants indépendants. Car les invariants de ces sous-faisceaux correspondent, respectivement, aux invariants des deux systèmes de caractéristiques de toute équation de la classe $(\mathcal{E})$ associée à $(\mathcal{F})$. Je me bornerai, dans cette communication, au cas où ces invariants sont du premier ou du second ordre.

I. Cas de deux invariants *pour chaque système de caractéristiques.*

---

(1) Voir *Journal de Math. pures et appliquées*, 25, 1936, p. 301.

(2) Si l'une des équations de la classe $(\mathcal{E})$ résulte de l'élimination de a et b entre les équations $r = \rho(x, y, z, p, q, a, b)$, $s = \sigma(x, y, z, p, q, a, b)$, $t = \tau(x, y, z, p, q, a, b)$, l'un des faisceaux de la classe $(\mathcal{F})$ associée a pour base les quatre transformations infinitésimales $\frac{\partial f}{\partial x} + p\frac{\partial f}{\partial z} + \rho\frac{\partial f}{\partial p} + \sigma\frac{\partial f}{\partial q}$, $\frac{\partial f}{\partial y} + q\frac{\partial f}{\partial z} + \sigma\frac{\partial f}{\partial p} + \tau\frac{\partial f}{\partial q}$, $\frac{\partial f}{\partial a}$, $\frac{\partial f}{\partial b}$. L'intégration de l'équation équivaut à celle de ce faisceau associé.

1° Les classes ($\mathcal{F}$) cherchées sont celles qui ont un représentant du type

$$X_1 = \frac{\partial f}{\partial u} + \sum_1^3 \varphi_\alpha(u, u_0) L_\alpha, \qquad X_2 = \frac{\partial f}{\partial v} + \sum_1^3 \psi_\alpha(v, v_0) M_\alpha, \qquad X_3 = \frac{\partial f}{\partial u_0}, \qquad X_4 = \frac{\partial f}{\partial v_0},$$

où (L_1, L_2, L_3), (M_1, M_2, M_3) sont des transformations infinitésimales,

$$L_i = \sum_1^3 \lambda_{i,\alpha}(w_1, w_2, w_3) \frac{\partial f}{\partial w_\alpha}, \qquad M_i = \sum_1^3 \mu_{i,\alpha}(w_1, w_2, w_3) \frac{\partial f}{\partial w_\alpha} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

qui définissent un couple de *groupes paramétriques* d'une *structure* Σ de groupes à trois paramètres.

2° Si cette structure Σ a pour *équations finies* ([3])

$$c_i = \Omega_i(b_1, b_2, b_3; a_1, a_2, a_3) \qquad (i = 1, 2, 3),$$

l'intégrale générale de ce faisceau F sera

$$w_i = \Omega_i(V_1, V_2, V_3; U_1, U_2, U_3) \qquad (i = 1, 2, 3),$$

les lettres U_i et V_i désignant, respectivement, des fonctions de u et de v assujetties à satisfaire aux *systèmes de Lie*

$$\frac{dU_i}{du} = \sum_1^3 \varphi_\alpha(u, u_0) \lambda_{\alpha,i}(U_1, U_2, U_3), \qquad \frac{dV_i}{dv} = \sum_1^3 \psi_\alpha(v, v_0) \mu_{\alpha,i}(V_1, V_2, V_3) \qquad (i = 1, 2, 3),$$

où u_0 est une fonction arbitraire de u, et v_0 une fonction arbitraire de v.

3° Pour que les équations $\mathcal{E}$ ainsi définies aient une *intégrale générale explicite*, il faut et il suffit que chacun des sous-faisceaux singuliers $\{X_1, X_3\}$ et $\{X_2, X_4\}$ soit un faisceau *intégrable* ([4]).

4° Ce cas se confond avec celui où chaque sous-faisceau singulier a un invariant du premier ordre, et l'on a alors la forme type particulière

$$X_1 = \frac{\partial f}{\partial u} + u_0 \sum_1^3 \varphi_\alpha(u) L_\alpha, \qquad X_2 = \frac{\partial f}{\partial v} + v_0 \sum_1^3 \psi_\alpha(v) M_\alpha, \qquad X_3 = \frac{\partial f}{\partial u_0}, \qquad X_4 = \frac{\partial f}{\partial v_0},$$

([3]) J'entends par là les équations qui donnent les paramètres (c_1, c_2, c_3) du produit $T_c = T_b T_a$ de deux transformations quelconques T_a, T_b, aux paramètres (a_1, a_2, a_3) et (b_1, b_2, b_3), de tout groupe G ayant la structure considérée.

([4]) C'est-à-dire que les degrés du faisceau et de ses dérivés successifs forment une progression arithmétique de raison 1.

à laquelle correspond, pour ($\mathcal{E}$), une équation type de la forme

$$s = f(x, y, z, p, q).$$

II. Cas de trois invariants *pour l'un des systèmes de caractéristiques.* — Résultats analogues, mais qui font intervenir les groupes paramétriques (L_1, L_2), (M_1, M_2) des structures Σ des groupes à deux paramètres. Le sous-faisceau $\{X_2, X_4\}$ est intégrable, et $\{X_1, X_3\}$ a un invariant du premier ordre. Les cas d'intégration explicite sont ceux où $\{X_2, X_4\}$ a aussi un invariant du premier ordre, et il en a alors deux (indépendants) : on peut prendre alors pour ($\mathcal{E}$) une équation type de la forme $s = f(x, y, z, p, q)$.

III. Classes ($\mathcal{E}$) intégrables algébriquement. — D'après ce qui précède, on peut donner pour type à chacune de ces classes l'une des équations, dont Goursat a dressé le tableau ([5]), auxquelles se ramènent, par des transformations $x' = \xi(x)$, $y' = \eta(y)$, $z' = \zeta(x, y, z)$, les équations $s = f(x, y, z, p, q)$ dont chaque système de caractéristiques admet un invariant du second ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une transformation fonctionnelle relative à la théorie des fonctions harmoniques.* Note de M. **Jean Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Soit, dans le plan (r, x), un domaine D situé dans la région des r positifs, dont la frontière comporte un segment AB de l'axe des x; nous désignerons par R l'intersection du domaine D et de la bande parallèle à l'axe des r, construite sur AB. Nous envisagerons encore une fonction $f(x, r)$ définie dans D et sur AB, et qui soit solution de l'équation

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 f}{\partial r^2} + \frac{2p+1}{r}\frac{\partial f}{\partial r} + \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = 0,$$

où p est un nombre fixe de valeur absolue inférieure à $1/2$. Soumettons cette fonction f à la transformation suivante :

$$\varphi(x, y) = y \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(x, y \sin\theta) \frac{\sin^{2p+1}\theta}{\cos^{2p}\theta}\, d\theta.$$

La fonction transformée $\varphi(x, y)$ est définie dans R; dans cette dernière

([5]) *Annales de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 1, 1899, p. 31-78 et 439-464.

région, on a inversement

$$f(x, r) = \frac{2}{\pi}\sin\left(p + \frac{1}{2}\right)\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{2p}\theta . \varphi'_y(x, r\sin\theta) . d\theta.$$

De plus, on montre sans difficulté que cette fonction $\varphi(x, y)$ est *harmonique* dans R.

Si p est nul, l'équation (1) est l'équation du potentiel dans l'espace à trois dimensions, pour un phénomène de révolution. La transformation précédente permet donc dans ce cas, de passer d'un potentiel à deux dimensions à un potentiel tridimensionnel révolutif. A ce titre, cette transformation semble devoir rendre des services en physique mathématique. C'est ainsi qu'elle ramène à des quadratures le problème de l'équilibre électrique pour deux disques coaxiaux infiniment minces portés à des potentiels différents; elle conduit donc à une expression rigoureuse de la capacité du condensateur correspondant. Elle fournit aussi une solution exacte du problème de la diffraction par un écran circulaire infiniment mince parfaitement absorbant. Sauf erreur, on ne connaissait jusqu'alors que des solutions approchées de ces deux questions.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Changements rapides dans la queue de la comète Finsler* 1937*f*. Note de M. **John Ellsworth**, présentée par M. Ernest Esclangon.

J'ai pu photographier la comète Finsler 1937*f* pendant chaque nuit du 2 au 6 août, puis le 11 août, avec un objectif Stenheil de 10^{cm} d'ouverture et 50^{cm} de distance focale, monté sur l'équatorial Eichens de l'Observatoire de Lyon. En général deux poses d'une heure étaient faites successivement chaque nuit dans le but de rechercher des changements rapides. Avant le développement, chaque cliché était étalonné au laboratoire, à l'aide d'un coin absorbant, afin de l'utiliser pour des mesures photométriques.

L'aspect de la queue, toujours multiple, varie beaucoup d'une nuit à l'autre. Ces modifications sont particulièrement importantes du 2 au 5 août. Les clichés du 6 et du 11 août montrent une queue de forme plus régulière et presque semblable au cours de ces deux nuits. Le passage au périhélie avait lieu le 16 août.

L'examen des deux clichés du 3 août révèle l'existence de changements extrêmement rapides. Sur chacun, on voit, à côté de la queue principale,

longue et étroite, une seconde queue, plus large, plus diffuse et plus brillante. Elle commence par une brisure à environ 4° du noyau, et s'étend à environ 7° au delà de la brisure. Elle est presque parallèle à la queue principale, et postérieure au mouvement de la comète. Sur le second cliché, la brisure se trouve visiblement plus loin du noyau que sur le premier. En prenant comme repères les étoiles fixes du champ, on trouve qu'elle s'est éloignée de 18′ d'arc dans l'intervalle de temps séparant les milieux des deux poses, soit 1 heure 15 minutes.

Ainsi la queue secondaire, détachée de la comète, s'éloignait rapidement de celle-ci. Connaissant la distance de la Terre à la comète, on peut calculer la vitesse d'éloignement de la queue, ou plus exactement sa projection sur le plan perpendiculaire au rayon visuel; on trouve environ 100^{km} par seconde. Il n'est donc pas surprenant que les clichés de la veille et du lendemain ne montrent pas trace de la queue brisée.

Il serait intéressant de pouvoir comparer les clichés obtenus du 2 au 4 août dans des observatoires de longitudes différentes, pour chercher à retracer l'évolution du phénomène.

HYDRAULIQUE. — *Sur le tourniquet hydraulique.* Note [1] de MM. **Louis Bergeron** et **Joseph Bethenod**, transmise par M. André Blondel.

A l'aide d'un appareil très simple, constitué par un réservoir cylindrique vertical muni à sa partie inférieure de deux tubulures horizontales coudées en sens inverse, et suspendu à un fil, nous avons réalisé certaines expériences qui donnent un résultat assez paradoxal à première vue :

1° Si l'on retire verticalement le réservoir R d'un bassin rempli d'eau (*fig.* 1) cette opération étant effectuée à vitesse constante, de manière à maintenir le niveau à l'intérieur de ce réservoir à une hauteur h constante au-dessus de la surface du bassin, l'eau s'échappe à la vitesse constante V par les tubulures, et l'appareil se met à tourner avec une vitesse angulaire Ω suivant la flèche. Il se comporte comme un tourniquet hydraulique ordinaire avec échappement dans l'air.

2° Si l'on effectue l'opération inverse (*fig.* 2), c'est-à-dire si on laisse descendre le réservoir R, lesté suffisamment, de façon à maintenir constante la différence de niveau h entre la surface du bassin et celle à l'inté-

---

(1) Séance du 11 octobre 1937.

rieur de ce réservoir, la vitesse d'entrée constante V de l'eau dans les tubulures est sensiblement la même que la vitesse de sortie réalisée dans l'expérience précédente, mais *le réservoir* R *demeure immobile*.

On peut expliquer sommairement ce résultat de la manière suivante :

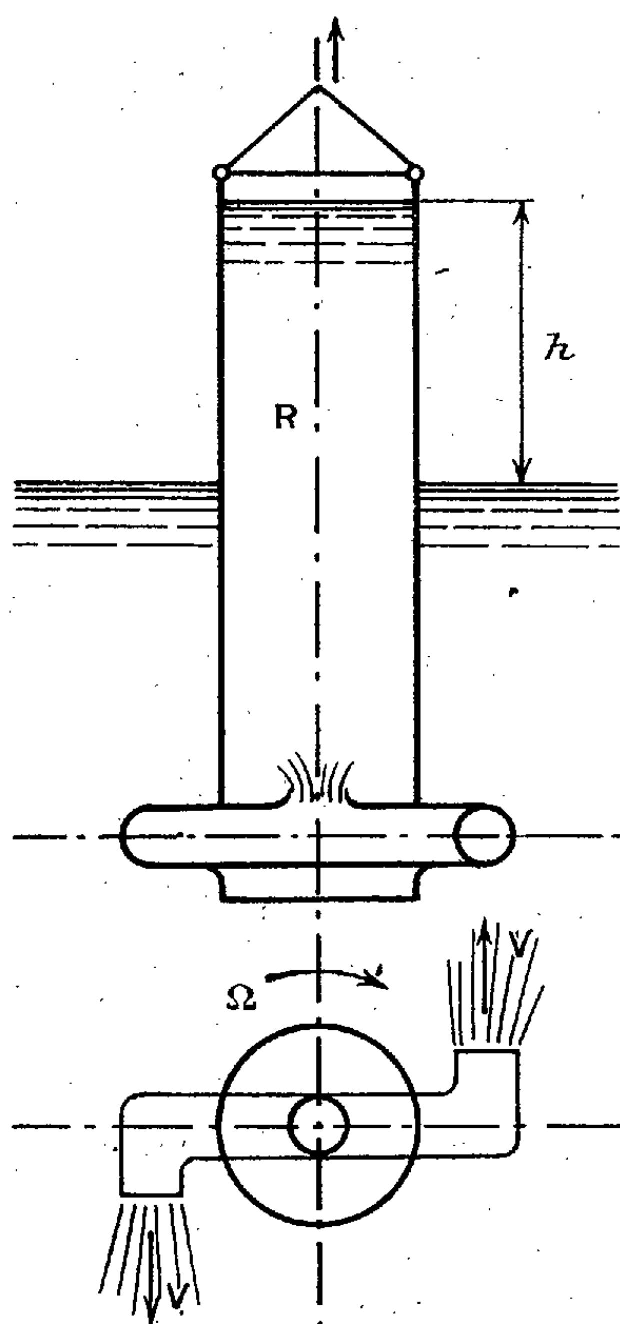


Fig. 1.

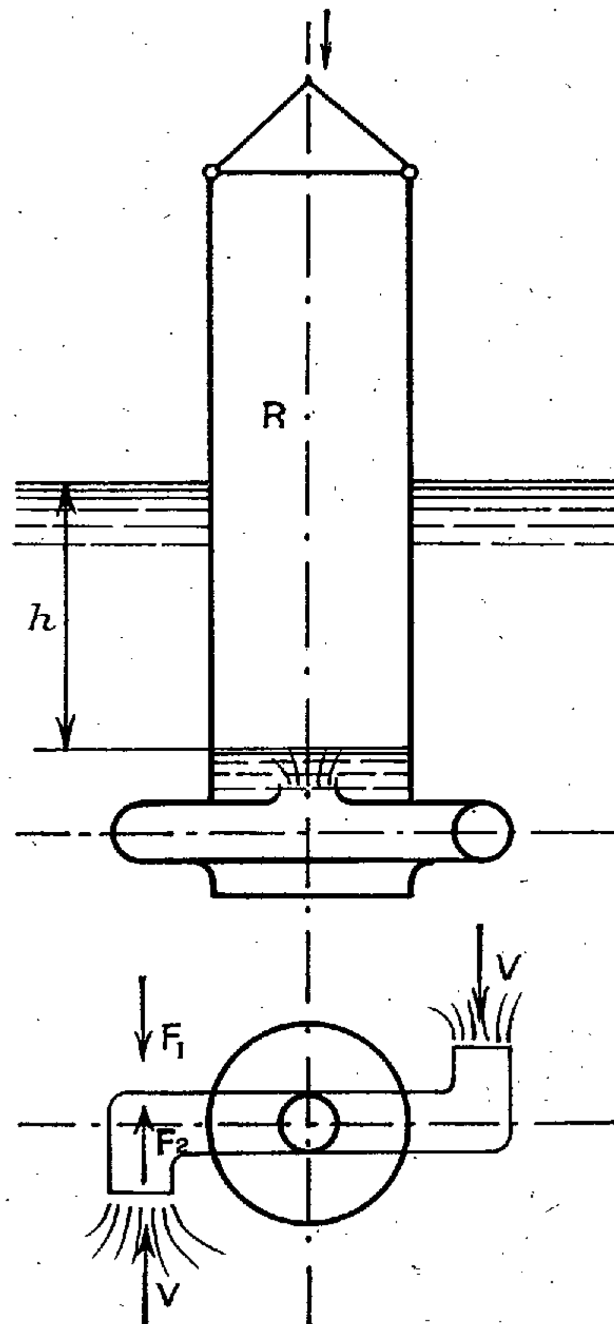


Fig. 2.

La pression à l'intérieur du tourniquet, où la vitesse constante du liquide est V, se trouve inférieure de la quantité $V^2/2g$ à celle existant sur le même plan à l'intérieur du bassin. Il en résulte un effort F_1 appliqué sur le tourniquet qui tend à le faire tourner en sens contraire de l'entrée de l'eau. Mais la quantité de mouvement $\varpi q V/g$ (ϖ étant la densité du liquide et q le débit par seconde) du liquide à l'entrée de la tubulure s'annule dans cette tubulure en produisant une force F_2 qui est précisément égale et opposée à F_1, de telle sorte que le couple résultant est nul.

Ce résultat explique notamment l'indifférence de la position de l'orifice

d'admission sur la coque d'un bateau propulsé au moyen d'un jet débouchant à l'arrière de cette coque, c'est-à-dire en sens inverse du sens de marche. L'expérience effectuée sur un modèle réduit a montré, en effet, que le bateau ne subit aucune poussée latérale quand l'orifice d'admission est pratiqué sur un de ses flancs. L'effet de propulsion demeure alors équivalent, toutes choses égales d'ailleurs, à celui réalisé avec un orifice d'admission axial situé à l'avant.

3° Mais si h, c'est-à-dire V, est variable avec le temps, l'égalité entre F_1 et F_2 n'existe plus, car la différence de pression h est la somme de $V^2/2g$ et d'une hauteur fictive qui correspond à l'accélération de la masse liquide; l'effort appliqué à la paroi qui en résulte a le sens de la force F_1 (*fig.* 2) pour une vitesse croissante. Il s'ensuit que, tant que la vitesse de la veine liquide va en augmentant (régime variable), la force F_1 l'emporte sur la force F_2; et le tourniquet se met à tourner *dans un sens opposé à celui de l'entrée de l'eau.* Ce résultat est vérifié expérimentalement quand on laisse enfoncer brusquement le réservoir R dans le bassin, au lieu de maintenir la différence h constante.

HYDRAULIQUE. — *Théorie de l'écoulement par une vanne de fond.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans un canal à section droite rectangulaire, à fond horizontal, est installée une vanne verticale, barrant toute la largeur du canal, et limitée, à sa partie inférieure, par une mince paroi horizontale (voir figure). Dans une Note précédente [2], nous avions évalué, par la formule de Borda, la perte de charge entre S et S_2. L'étude complète de la question nous a montré qu'il s'agissait là d'une approximation insuffisante pour les valeurs de h' nettement inférieures à h_2; dans le cas général, il convient d'appliquer une théorie plus exacte, que nous avons établie et dont les résultats essentiels sont exposés dans cette Note.

Nous négligeons l'influence de la répartition des vitesses dans les sections S_1 et S_2, ainsi que la quantité de mouvement autre que celle du fluide localisé à la section contractée mA dans la section S, et nous supposons le phénomène plan. En appliquant le théorème d'Euler entre S et S_2,

---

(1) Séance du 11 octobre 1937.

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 409.

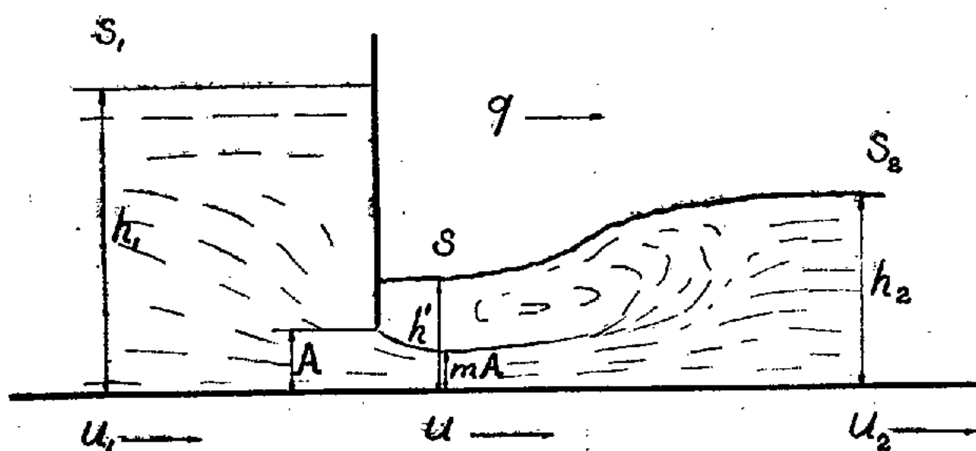
nous obtenons, pour la perte de charge, l'expression

$$\xi = \frac{(U - U_2)^2}{2g} - \frac{(h_2 - h')^2}{2h^2}, \tag{7}$$

qui se confond avec la formule de Borda quand h' est voisin de h^2. Nous obtenons également, entre h', h_2 et q, la relation

$$\left(\frac{h'}{A}\right)^2 = \left(\frac{h_2}{A}\right)^2 - \frac{2}{g}\left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2 \frac{\frac{h_2}{A} - m}{m\frac{h_2}{A}}. \tag{8}$$

Dès lors, le théorème de Bernoulli, appliqué aux sections S_1, S, S_2,



permet d'établir un certain nombre de relations, en désignant par H_1 et H_2 les charges totales en S_1 et S_2 :

$$\frac{q}{A\sqrt{A}} = m\sqrt{2g\left(\frac{H_1}{A} - \frac{h'}{A}\right)}, \tag{9}$$

$$\frac{H_1}{A} = \frac{h_1}{A} + \left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g\left(\frac{h_1}{A}\right)^2}, \tag{10}$$

$$\frac{\xi}{A} = \frac{1}{2g}\left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2 \left(\frac{\frac{h_2}{A} - m}{m\frac{h_2}{A}}\right)^2 - \frac{\left(\frac{h_2}{A} - \frac{h'}{A}\right)^2}{2\frac{h_2}{A}}. \tag{11}$$

Les relations (8), (9), (10), (11) fournissent la solution de tout problème relatif à l'écoulement par vanne de fond; en général, l'extrémité inférieure de la vanne peut être assimilée à une mince paroi, et l'on peut prendre approximativement, pour m, la valeur 0,611 correspondant à l'écoulement théorique par une fente en mince paroi. Nous avons établi, dans ce cas, des abaques facilitant l'obtention de la solution.

En faisant $h' = mA$ dans (8), on obtient la valeur limite de h_2, au-dessous de laquelle la veine sera dénoyée, et le ressaut chassé vers l'aval, par l'une ou l'autre des relations

$$\frac{H_1}{A} = m + \frac{m + \frac{h_2}{A}}{4m}\frac{h_2}{A}, \tag{12}$$

ou

$$\frac{m + \frac{h_2}{A}}{2} m \frac{h_2}{A} = \frac{1}{g}\left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2. \tag{13}$$

Quand h_2 est égal à la valeur limite, le ressaut se localise après la section contractée, et la perte de charge, donnée par (11), avec $h' = mA$, prend la forme

$$\frac{\xi}{A} = \frac{\left(\frac{h_2}{A} - m\right)^3}{4m\frac{h_2}{A}}. \tag{14}$$

Les expressions (13) et (14) ne sont autres que les formules classiques du ressaut. Enfin la relation (9), avec $h' = mA$, montre que, pour h_2 inférieur ou égal à la valeur limite, le débit est indépendant de h_2, et donné par l'expression

$$\frac{q}{A\sqrt{A}} = m\sqrt{\frac{2g\left(\frac{h_1}{A}\right)}{1 + \frac{m}{\left(\frac{h_1}{A}\right)}}}. \tag{15}$$

CHALEUR. — *Étude de la convection naturelle dans les liquides. Convection dans l'huile de ricin.* Note de M. **Marcel Atanasiu**, transmise par M. Aimé Cotton.

M. Vernotte a signalé l'existence possible d'un premier régime de la convection dans l'air (1). M. Bory a trouvé ce régime pour l'air (2). Nous avons essayé de compléter ces résultats par une étude de la convection dans les liquides. Le liquide choisi est l'huile de ricin. Sa viscosité facilite l'obtention du régime laminaire avec des écarts de température

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1245.
(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1919.

relativement élevés. D'où possibilité de suivre le phénomène très loin dans le cas des petits échauffements ([3]).

Le principe de la méthode est le suivant : On dissipe, au moyen d'un four électrique, une certaine puissance W au sein d'une masse d'huile. On mesure le flux de chaleur qui traverse l'huile par la différence $\Delta\theta$ des températures du four et de l'huile en des points éloignés. Le coefficient qui caractérise la convection du four est alors défini par $h = W/\Delta\theta$.

Dispositif expérimental. — Le four électrique, petit ellipsoïde de révolution d'axe vertical, est en argent et analogue à celui qui a été utilisé par M. Vernotte pour l'air (*loc. cit.*). Mais l'ordre de grandeur des $\Delta\theta$ envisagées ne permet pas d'utiliser le thermocouple. Nous employons le thermomètre au mercure donnant $0°{,}01$ C. Dans le four est logé le réservoir d'un premier thermomètre, coudé et renversé, qui supporte le four. Ainsi nous éliminons l'existence de tout phénomène étranger sur le parcours du courant de convection. La masse d'huile de ricin remplit entièrement une cavité sphérique ménagée dans un bloc d'Alpax épais et calorifugé. Pour l'enceinte E_G ces capacités ont respectivement $2l$ et $20l$. Un deuxième thermomètre plongé dans la masse métallique de l'enceinte donne pratiquement la température de l'huile à l'infini. Les mesures sont faites à la température ambiante et en régime permanent.

Certaines précautions sont nécessaires *pour la comparaison des thermomètres, que nous faisons en les plaçant dans les conditions mêmes de l'expérience.* Nous éliminons ainsi toutes les corrections et sommes arrivés à connaître les températures à $0°{,}001$, donc $\Delta\theta$ à $0°{,}002$. Nous avons pu descendre jusqu'à des échauffements différentiels $\Delta\theta$ extrêmement petits, de l'ordre de $0°{,}01$, pour lesquels l'incertitude du coefficient de convection h s'élève à 20 pour 100.

Une difficulté importante est celle qu'offre l'*obtention du régime permanent.* L'emploi d'un thermostat réglé à $0°{,}001$ semble prohibitif. On cherche à obtenir une variation régulière et très lente de la température de l'huile de manière à pouvoir en déduire $\Delta\theta$ en régime permanent. Si le chauffage du four s'effectue depuis longtemps, le régime est presque permanent, et si les conditions extérieures varient très régulièrement et très lentement, *nous obtenons le vrai régime permanent un peu avant le minimum et peu après le maximum de la température diurne de l'enceinte.* Le régime permanent donne lieu à un palier de la température de l'huile.

([3]) *Journées scientifiques et techniques de Mécanique des fluides*, Lille, 1934.

A ce moment les lectures des deux thermomètres donnent le $\Delta\theta$ cherché.

Les conditions extérieures ne permettent souvent pas d'atteindre un des paliers précités. Mais si elles sont celles exprimées plus haut, nous pouvons admettre que *les différences de température* $\Delta\theta$, *du four et de l'enceinte, sont fonction de la pente p de la variation de température de l'enceinte en fonction du temps*. Nous observons que $\Delta\theta = f(p)$ est sensiblement une droite. Elle coupe l'ordonnée de pente nulle au point $\Delta\theta$ du régime permanent. C'est là le résultat d'un grand nombre d'expériences.

Si nous n'atteignons pas le palier, et *que toutes les conditions requises antérieurement soient remplies*, nous obtenons le $\Delta\theta$ cherché par la construction précédente. Son application, dans l'échelle des $\Delta\theta$, ne se trouve limitée que par la précision avec laquelle on veut obtenir h. Elle sera d'autant meilleure que l'on se sera arrêté sur une pente plus faible.

Nous opérons sur deux enceintes de dimensions géométriques notablement différentes, E_G et E_P. Voici quelques résultats pour la région de l'origine des températures différentielles (température ambiante 18° C.).

Enceinte E_G.		Enceinte E_P.	
$\Delta\theta$° C.	h.	$\Delta\theta$° C.	h.
0,000	0,0038 (théor.)	0,000	0,0024 (théor.)
0,012	0,0133	0,017	0,0134
0,014	0,045	0,034	0,027
0,036	0,039	0,047	0,043
0,056	0,045	0,129	0,028
0,077	0,051	0,196	0,029
0,113	0,051	0,280	0,029

Les courbes $h = f(\Delta\theta)$ présentent après une première partie rectiligne (régime préconvectif), une deuxième discontinue (0°015 — 0°035 C. pour E_G et 0°05 — 0°10 C. pour E_P) et une troisième : celle du deuxième régime de la convection. Pour les petits échauffements, le coefficient h semble bien varier linéairement avec les échauffements. Le point correspondant de la conductance théorique est sur la droite du premier régime.

Nos expériences mettent en évidence pour l'huile de ricin l'existence du premier régime de convection trouvé pour l'air par M. Bory et dont M. Vernotte avait donné une théorie générale (4). Dans le deuxième régime de la convection naturelle nous avons pu mesurer des coefficients de convection d'une fidélité remarquable, ce qui montre que les phénomènes de

(4) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 723.

convection dans les liquides sont aussi rigoureusement reproductibles que l'avait montré M. Potop pour l'air ([5]). On voit que le phénomène de la convection naturelle dans l'huile de ricin, partant dans les liquides, est bien défini. Bien que la précision sur les mesures des plus petits échauffements soit nécessairement assez médiocre, on peut affirmer que des erreurs dans ces mesures ne pourraient rendre compte de la discontinuité observée, ce qui prouve l'existence du premier régime préconvectif.

MAGNÉTISME. — *Les propriétés thermomagnétiques et le paramagnétisme constant de l'ion* UO^{2++} *dans quelques sels d'uranyle en solutions aqueuses.* Note de M. **Aurel Nicolau**, transmise par M. Aimé Cotton.

Les données magnétiques que l'on possède déjà sur les sels d'uranium sont très peu nombreuses et souvent assez discutables ([1]).

J'ai étudié les propriétés thermomagnétiques des solutions aqueuses de nitrate d'uranyle $(NO^3)^2UO^2$ et de sulfate d'uranyle SO^4UO^2, qui à ma connaissance n'avaient pas fait jusqu'ici l'objet d'une telle étude.

Les solutions aqueuses de ces sels sont diamagnétiques, car le diamagnétisme de l'eau l'emporte sur le paramagnétisme de l'ion uranyle.

La méthode que j'ai employée est celle du cylindre de Gouy, modifiée comme on l'a déjà indiqué ([2]).

Soit χ le coefficient d'aimantation pour un gramme de l'ion paramagnétique en solution, τ le titre en poids des solutions et d la densité (par rapport à l'eau).

Les Tableaux ci-contre résument les résultats des mesures. Les corrections relatives au diamagnétisme de l'eau et de l'anion ont été faites en admettant, pour les coefficients d'aimantation, les valeurs

$$\chi_{H^2O} = -0{,}72.10^{-6}[1 + 0{,}00013(t - 20)]; \quad \chi_{SO^4--} = -0{,}42.10^{-6};$$
$$\chi_{NO^3-} = -0{,}339.10^{-6}.$$

([5]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1847.

([1]) STONER, *Magnetism and Matter*, Londres, 1934, p. 514.

([2]) DUPOUY et HAENNY, *J. de Phys.*, **7**, 1936, p. 23; A. NICOLAU, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 557.

Solution de sulfate d'uranyle 1.

$\tau_{UO^2} = 0^g,1083_2$; $\tau_{SO^4} = 0^g,0385_2$; $\tau_{H^2O} = 0^g,8531_6$.

$t°C$	$22°,5_5$.	$30°,0$.	$38°,7$.	$52°,1$.	$57°,1$.	$64°,2_5$.	$71°,5$.
d	$1,157_1$	$1,154_9$	$1,152_5$	$1,143_9$	$1,140_3$	$1,135_8$	$1,129_8$
$\chi.10^6$	$0,40_6$	$0,39_4$	$0,36_0$	$0,36_9$	$0,38_1$	$0,41_9$	$0,39_5$

$\chi_{moy}.10^6 = 0,38$.

Solution de sulfate d'uranyle 2.

$\tau_{UO^2} = 0^g,2135_3$; $\tau_{SO^4} = 0^g,0759_3$; $\tau_{H^2O} = 0^g,7105_4$.

$t°C$	$22°,7_5$.	$33°,8$.	$40°,3$.	$45°,4$.	$52°,8_5$.	$58°,7_5$.
d	$1,350_8$	$1,346_6$	$1,342_8$	$1,339_6$	$1,334_6$	$1,330_6$
$\chi.10^6$	$0,29_9$	$0,28_9$	$0,29_8$	$0,29_3$	$0,28_9$	$0,29_6$

$\chi_{moy}.10^6 = 0,29_4$.

Solution de nitrate d'uranyle 1.

$\tau_{UO^2} = 0^g,1258_2$; $\tau_{NO^3} = 0^g,0577_6$; $\tau_{H^2O} = 0^g,8164_2$.

$t°C$	$25°,7$.	$32°,8$.	$40°,1$.	$45°,8$.	$51°,1$.	$59°,4_5$.	$70°,8$.
d	$1,185_0$	$1,182_8$	$1,179_6$	$1,176_2$	$1,173_6$	$1,168_6$	$1,608_5$
$\chi.10^6$	$0,32_6$	$0,34_7$	$0,38_2$	$0,38_5$	$0,35_3$	$0,32_0$	$0,35_3$

$\chi_{moy}.10^6 = 0,35$.

Solution de nitrate d'uranyle 2.

$\tau_{UO^2} = 0^g,2017_2$; $\tau_{NO^3} = 0^g,0925_9$; $\tau_{H^2O} = 0^g,7056_8$.

$t°C$	$23°,9$.	$29°.5$.	$37°,5_5$.	$43°,5_5$.	$50°,3$.	$55°,1$.	$62°,0_5$.	$69°,8$.
d	$1,331_4$	$1,329_2$	$1,325_2$	$1,321_6$	$1,316_8$	$1,313_9$	$1,308_4$	$1,302_6$
$\chi.10^6$	$0,30_7$	$0,30_2$	$0,29_8$	$0,30_7$	$0,29_9$	$0,29_9$	$0,28_3$	$0,27_8$

$\chi_{moy}.10^6 = 0,29_6$.

Solution de nitrate d'uranyle 3.

$\tau_{UO^2} = 0^g,3702_6$; $\tau_{NO^3} = 0^g,1699_6$; $\tau_{H^2O} = 0^g,4597_8$.

$t°C$	$22°,2_5$.	$32°,0_0$.	$39°,6_5$.	$46°,2$.	$51°,3$.
d	$1,820_3$	$1,811_6$	$1,805_6$	$1,79_9$	$1,793_4$
$\chi.10^6$	$0,27_8$	$0,28_0$	$0,28_5$	$0,28_7$	$0,28_2$

$\chi_{moy}.10^6 = 0,28$.

La précision des mesures est limitée par la petitesse des forces magnétiques, données par la relation

$$f = \frac{1}{2}\chi_{app}(H^2 - h^2)S.$$

Dans les conditions de l'expérience, H, h et S ayant des valeurs

constantes, on voit que la précision augmente avec la concentration de la solution.

1° On ne constate ni diminution ni augmentation du coefficient d'aimantation en fonction de la température. Ainsi ni le sulfate ni le nitrate d'uranyle ne suivent la loi de Curie ou celle de Weiss; on trouve donc un *paramagnétisme indépendant de la température.* D'autres substances oxygénées parmi lesquelles on peut citer le bichromate et le permanganate de potassium présentent le même phénomène.

2° Portons dans le même Tableau le titre de l'ion UO^{2++} dans les solutions et le coefficient d'aimantation.

Sulfate d'uranyle.		Nitrate d'uranyle.	
τ.	χ moy. 10^6.	τ.	χ moy. 10^6
0,1083	0,38	0,1258	0,35
0,2135	$0,29_4$	0,2017	$0,29_6$
		0,3703	$0,28_2$

On voit que, lorsque la *concentration augmente, le coefficient d'aimantation diminue dans* les deux cas.

Lawrence [3], en étudiant, à la seule température de 20° C., des solutions aqueuses (acidulées) de sulfate d'uranyle à des concentrations différentes, n'avait pas signalé ce fait.

Pour expliquer cette variation nous admettons que les ions UO^{2++} sont masqués, en partie, par la formation des anions complexes déjà signalés par Gomez [4].

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption de bouillons microbiens.* Note de M. **Jean Debiesse**, présentée par M. Charles Fabry.

L'évolution des bouillons de culture microbiens peut être suivie systématiquement d'après les modifications progressives de leur spectre d'absorption. J'ai étudié par cette méthode le bouillon Martin et le bouillon Sauton qui, après avoir été ensemencés, étaient placés dans des thermostats à 37°C. ou 20°C. Le spectre d'absorption examiné (6500-2200 Å) était celui de la liqueur filtrée (filtre Chamberland), contenue dans une cuve à parois de quartz; il était obtenu, à l'aide d'un spectro-

(3) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 776.
(4) *An. Espan.*, 17, 1919, p. 47.

graphe Féry, en utilisant comme source de rayonnement continu soit un tube à hydrogène, soit une lampe à filament de tungstène. Les observations ont été effectuées sur des diagrammes d'enregistrement microphotométrique.

1° *Bouillon Martin.* — Il présente *initialement*, dans le spectre visible, une absorption générale faible, qui croît assez brusquement vers 4800 Å et devient totale au voisinage de 4400 Å. Ce seuil d'absorption (région spectrale dans laquelle l'absorption augmente progressivement avant de devenir quasi totale) peut d'ailleurs se trouver déplacé de 100 ou 200 Å dans un sens ou dans l'autre, suivant la préparation utilisée. L'absorption totale dans l'ultraviolet s'explique par la complexité du bouillon Martin : elle doit être attribuée aux bandes d'absorption des protéines et des acides aminés (2000-2800 Å) (1), ainsi qu'à la bande (4100 Å) et au domaine d'absorption continue (3100-3500 Å) des porphyrines (2).

Le bouillon Martin a été ensemencé avec divers anaérobies. Dans le cas des bacilles *œdematiens*, l'absorption augmente un peu entre 5500 et 6500 Å, mais le seuil d'absorption se déplace tout d'abord vers les courtes longueurs d'onde. Le déplacement maximum, atteignant 300 Å, s'observe après 3 jours de culture. Ensuite le seuil rétrograde vers le rouge et se rapproche de plus en plus de sa position initiale. Après 25 jours de culture, le spectre d'absorption ressemble beaucoup à celui du bouillon non cultivé.

L'évolution est tout à fait analogue avec les bacilles *perfringens* et les vibrions septiques, quoique nettement différente pour chaque espèce de microbe. Une culture de 3 à 5 jours (suivant la température imposée au bouillon, 37° C. ou 20° C.) suffit pour déplacer le seuil d'absorption de 300 à 400 Å vers les courtes longueurs d'onde. Mais, après une vingtaine de jours, il reprend la position caractéristique du bouillon initial.

Les modifications sont plus complexes dans le cas des bacilles tétaniques. Le seuil d'absorption se déplace bien vers les courtes longueurs d'onde, mais il se stabilise à environ 200 Å de sa position initiale. De plus, pour les cultures à 37° C., deux nouvelles bandes d'absorption apparaissent, au début du 5e jour, dans la région la moins réfrangible du spectre visible. La première s'étend de 5900 à 6100 Å (avec maximum vers 6000 Å); l'autre commence vers 6200 Å et s'étend jusqu'à la limite perceptible du spectre

(1) Ch. Dhéré, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1909.

(2) *Studies from the Division of Laboratories and Research; New-York State Department of Health, Collected Reprints*, décembre 1936.

continu (6500 Å). Ces deux bandes vont en s'atténuant au cours du 5e jour et se déplacent en même temps vers les grandes longueurs d'onde; elles disparaissent complètement à partir du 6e jour. Par contre une troisième bande d'absorption, beaucoup plus étroite (20 Å environ), se manifeste vers 5380 Å dès le 5e jour et subsiste ensuite. A cet égard, il convient de noter que des bandes d'absorption étroites ont été décelées, pour les filtrats toxiques diphtériques, vers 5900, 5700 et 5370 Å (2).

2° *Bouillon Sauton*. — Ce milieu synthétique présente un large seuil d'absorption très bien défini s'étendant de 4360 à 3750 Å. Après ensemencement en B. C. G., on constate tout d'abord un déplacement du seuil vers le rouge. De plus, entre le 12e et le 21e jour, une bande d'absorption apparaît entre 4750 et 4900 Å; elle disparaît ensuite, tandis que le seuil se déplace alors vers les courtes longueurs d'onde. Après 44 jours, il se trouve encore cependant à une centaine d'angströms de sa position initiale.

Les exemples précédents montrent que la vie microbienne se traduit par une modification nette et caractéristique du spectre d'absorption. Il serait intéressant, surtout dans le cas des milieux synthétiques, d'effectuer des observations analogues dans la région infrarouge et de les compléter par l'étude des spectres Raman.

PHYSIQUE. — *Sur l'effet Sagnac*. Note de MM. **Alexandre Dufour** et **Fernand Prunier**.

Nous avons montré (1) que l'expérience fournit un même résultat pour l'effet Sagnac, que l'observateur soit entraîné ou non par le disque. L'interprétation de ce résultat nous a paru présenter des difficultés en théorie relativiste.

M. Langevin (2) estime, au contraire, que les prévisions faites conformément à la théorie de la relativité, par les observateurs fixes ou par d'autres liés à la plate-forme, s'accordent entre elles aussi bien qu'avec l'expérience. Il rappelle que l'observateur lié à la plate-forme peut choisir entre deux solutions simples, la première dans laquelle il adopte un temps uniforme sur le disque, la seconde où il fait usage d'un temps local non uniforme.

Dans la première solution, la vitesse de la lumière est, pour l'observateur

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1925.
(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 304.

lié au disque, comprise entre $c + \omega r$ et $c - \omega r$ suivant la direction de propagation, r désignant la distance du point considéré de la trajectoire de la lumière, à un centre arbitrairement choisi une fois pour toutes sur le disque. Dans la seconde solution, la vitesse de la lumière est c.

Mais il est bien évident que, si l'observateur lié au disque compare entre elles avec ses instruments (règle et horloge), en une région donnée à distance r du centre arbitraire, les valeurs de la vitesse de la lumière dans les diverses directions, il trouvera, de deux choses l'une, ou bien une vitesse variable suivant la direction, ou bien une vitesse isotrope.

Si l'expérience lui donne une vitesse variable avec la direction, on peut expliquer sans difficultés l'expérience de Sagnac, aussi bien dans sa forme initiale que dans celle que nous lui avons donnée.

Si l'expérience lui fournit au contraire la même valeur c pour la vitesse de la lumière dans toutes les directions, comme les trajets parcourus sont, pour l'observateur entraîné, les mêmes que lorsque le disque est au repos, cet observateur ne doit pas constater d'effet Sagnac quand le disque est mis en rotation, tandis que, pour l'observateur resté fixe dans le laboratoire, il y a un effet Sagnac. On n'explique alors ni l'effet Sagnac initial, ni notre résultat expérimental.

C'est pourquoi, à notre avis, seule la solution de la vitesse variable avec la direction doit être retenue, sous réserve cependant de l'indétermination à laquelle conduit le choix arbitraire du centre. C'est donc, à cette réserve près, en raison d'une cinématique identique à la cinématique classique, et non en raison d'une cinématique spéciale et d'un temps local, que la relativité explique l'effet Sagnac. La cinématique classique, tenue pour inexacte au premier ordre pour des systèmes d'axes en translation, redeviendrait donc exacte au premier ordre pour des systèmes liés à un disque en rotation, quand le centre arbitraire est choisi sur l'axe de rotation. Aussi loin que soit ce centre et aussi petit que soit ω, l'on devrait toujours admettre que les vitesses de la lumière sur la portion de trajectoire restée à distance finie, sont respectivement données, pour l'observateur lié au disque, par $c + \omega r$ et $c - \omega r$ pour les deux sens de propagation. N'est-on pas ainsi conduit à supposer qu'il devrait en être de même dans le cas limite d'un mouvement de translation de vitesse v, ainsi que le prévoit seule la théorie classique ?

THERMOCHIMIE. — *Sur la thermochimie des hydrocarbures oxygénés.* Note de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. Jean Perrin.

La méthode des calculs thermochimiques exposée dans mes Notes antérieures [1] peut aussi servir pour les calculs thermochimiques des hydrocarbures oxygénés.

Remarques sur les calculs. — 1° Le fait démontré dans les Notes précédentes que l'adjonction d'un atome d'oxygène à une molécule quelconque est accompagnée d'un dégagement intrinsèque de 228,3 K_{cal} par atome-grammes d'oxygène, forme la base de ces calculs.

2° Pour ces calculs les valeurs obtenues dans les Notes antérieures sont employées :

$$L_i(O-O)=116,4\pm 0,2\,K_{cal},\qquad L_i(H-H)=102,72\pm 0,02\,K_{cal},$$
$$L_i(C-H)=116,3\,K_{cal}\ [\text{excepté } CH^4 \text{ où, } L_i(C-H)=117,2\,K_{cal}],$$
$$L_i(C-C)=120,8\,K_{cal}\ [\text{pour les corps aromatiques } L_i(C-C)=118,5\,K_{cal}].$$

3° L'arrachement de 2 H est accompagné par la formation d'une molécule H^2; c'est pourquoi l'énergie de destruction de $2L_i(C-H)$ doit être diminuée de 102,72 K_{cal}.

4° Dans les tableaux, pour 10 corps appartenant aux alcools, acides aldéhydes, cétones et éthers, sont calculés :

a. La réaction de combustion totale de l'hydrocarbure oxygéné. — Le bilan énergétique de cette réaction démontre que l'énergie dépensée est plus grande que celle qui peut être dégagée par les atomes d'O adjoints. Le surplus ne peut provenir que de la restitution de l'énergie dépensée pour l'ionisation de ces corps lors de l'oxydation partielle antérieure (environ 15 K_{cal}). Les corps à doubles ou triples ions, comme par exemple $(COCH)^2$ ou $C^3H^5(OH)^3$, montrent la double ou triple valeur d'ionisation.

b. La réaction (théorique) de transformation des hydrocarbures en ces corps oxygénés. — Les bilans énergiques de ces réactions démontrent qu'en prenant déjà en considération l'ionisation, il y existe un surplus d'énergie. Ce surplus ne peut être attribué qu'à la dépense causée par l'éloignement de deux atomes d'hydrogène de la molécule originaire (environ 35,3 K_{cal}). Cela est démontré par le fait que, dans la formation d'alcools, où l'éloignement de 2H n'a pas lieu, le bilan se fait sans cette dépense.

---

(1) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 490, 574, 859, 1802.

5° L'énergie, qui est mise dehors par la réaction de l'oxydation partielle, est égale à la différence de $P_{cal}(C^mH^n)$ et la puissance calorifique du corps formé.

6° Les chiffres entre parenthèses dans les Tables indiquent les quantités employées pour le calcul.

I. — Alcools et aldéhydes.

A. *Réaction de la combustion totale.*

	$CH^3(OH)$.	$C^6H^5.(OH)$.	$C^3H^5.(OH)^3$.	H.COH.	$CH^3.COH$.
Puissance calor.........	181,7	743,3	406,5	133,6	279,7
Destruc. des liaisons......	(3) 351,6	(9, 5) 1648,0	(2, 5) 823,1	(2) 234,4	(1, 4) 586,0
Destruc. des $L_i(O=O)$.	(1 ½) 174,6	(7) 814,8	(3 ½) 407,4	(1) 116,4	(2 ½) 291,0
Total K_{cal}.........	707,9	3206,1	1637,0	484,4	1156,7
Dégagées par $x.O^2$......	(1 ½) 684,9	(7) 3196,2	(3 ½) 1598,1	(1) 456,6	(2 ½) 1141,5
Déionisation...........	23,0	9,9	(3) 38,9	27,8	15,2
Total K_{cal}.........	707,9	3206,1	1637,0	484,4	1156,7

B. *Réaction de l'oxydation partielle de C^mH^n en alcools et aldéhydes.*

	$CH^4 \rightarrow CH^3.OH$.	$C^6H^6 \rightarrow C^6H^5.OH$.	$C^3H^8 \rightarrow C^3H^5.(OH)^3$.	$CH^4 \rightarrow H.COH$.	$C^2H^6 \rightarrow CH^3COH$.
Dégagées dehors........	29,9	43,2	122,3	78,0	91,6
Destruc. des $L_i(C-H)$..	(1) 117,2	(1) 116,3	(3) 348,9	(2) 131,7	(2) 130,2
Destruc. des $L_i(O=O)$.	(½) 58,2	(½) 58,2	(1 ½) 174,6	(1) 116,4	(1) 116,4
Formation de H^2O......	–	–	–	67,4	67,4
Ionisation.............	(1) 23,0	(1) 10,6	(3) 39,1	27,8	15,2
Éloignement de 2H.....	–	–	–	35,3	35,8
Total K_{cal}.........	228,3	(½) 228,3	(1 ½) 684,9	(1) 456,6	(1) 456,6

L'égalité (très approchée) des valeurs d'ionisation dans les deux bilans établis pour les alcools démontre la justesse de la supposition faite.

II. — Acides, cétones, éthers.

A. *Réaction de la combustion totale.*

Corps.....................	H.COOH.	$C^6H^5.COOH$.	COOH.COOH.	$CH^3.CO.CH^3$.	$CH^3.O.CH^3$.
Puissance calor..........	69,3	791,4	66,0	436,2	343,1
Destruc. des liaisons.....	(1) 117,2	(3, 7) 1766,5	(1) 120,8	(2, 6) 939,5	(6) 698,0
Destruc. des $L_i(O=O)$...	(½) 58,2	(7 ½) 873,0	(½) 58,2	(4) 465,4	(3) 349,2
Total K_{cal}..........	244,7	3430,9	245,0	1841,1	1390,3
$x.O^2$ dégagent..........	(½) 228,3	(7 ½) 3424,5	(½) 228,3	(4) 1826,4	(3) 1369,8
Déionisation............	16,4	6,4	(2) 16,7	14,7	20,5
Total K_{cal}..........	244,7	3430,9	245,0	1841,1	1390,3

B. *Réaction de l'oxydation partielle de* C^mH^n *en acides, cétones, éthers.*

	$CH^4 \rightarrow H.COOH$.	$C^7H^8 \rightarrow C^6H^5.COOH$.	$C^2H^6 \rightarrow (COOH)^2$.	$C^3H^8 \rightarrow (CH^3)^2.CO$.	$(CH^4)^2 \rightarrow (CH^3)^2.O$.
Dégagées dehors	142,3	141,4	305,3	92,6	80,1
Destruc. des $L_i(C-H)$...	248,9	246,2	(4) 492,4	(2) 130,2	(2) 131,7
Destruc. des $L_i(O=O)$...	174,6	(1 1/2) 174,6	(3) 349,2	116,4	116,4
Formation de H^2O.......	67,4	67,4	(2) 134,8	67,4	67,4
Ionisation...............	16,4	6,4	(2) 16,7	14,7	20,5
Éloignement de 2H......	38,3	51,9	(2) 71,4	35,3	40,5
Total K_{cal}..........	(1 1/2) 687,9	(1 1/2) 687,9	(3) 1369,8	(1) 456,6	(1) 456,6

Conclusions. — 1. L'oxydation partielle d'un hydrocarbure non seulement en alcools et acides, mais aussi en aldéhydes, cétones et éthers, bien que dans ces derniers corps les atomes H restent attachés aux atomes C, est accompagnée par une ionisation (env. 15 K_{cal} par ion) et cette énergie est restituée lors de la combustion totale.

2. Si l'oxydation partielle est accompagnée par l'éloignement de 2H (ou le multiple de 2H) de la molécule de l'hydrocarbure originaire, qui a lieu à toutes les oxydations partielles, sauf à l'oxydation en alcool, cet éloignement est lié à une dépense de 35,3 K_{cal} (env.) pour chaque 2H éloignés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'hydratation globale des ions du nitrate de strontium.* Note de MM. **François Bourion** et **Emile Rouyer**, transmise par M. Georges Urbain.

Nous avions déterminé [1] l'hydratation globale des ions du nitrate de calcium, pour voir si l'hydratation de l'ion calcium ainsi obtenue était voisine de celle que donnait l'étude du chlorure de calcium, ainsi que nous avons pu le vérifier. Dans le présent travail, nous étudions le même problème en ce qui concerne le strontium. Ici encore, nous avons fixé l'hydratation globale des ions du nitrate de strontium. A cet effet nous avons, par voie cryoscopique, examiné les équilibres moléculaires de la résorcine, dans les solutions de nitrate de strontium, et attribué à la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

[1] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1562.

la même valeur [2] 3,500 que dans l'eau. Nous avons étudié les solutions 0,25 M et 0,5 M de nitrate de strontium et observé :

Concentration.	$(NO^3)^2Sr$ 0,25 M, $k'=20,35$. Δ.	K₃.	$(NO^3)^2Sr$ 0,5 M, $k'=22,3$ Δ.	K₃.
0,250	0°,523	2,102	0°,545	1,396
0,375	0,746	3,223	–	–
0,500	0,955	2,568	1,045	2,183
0,625	1,174	2,867	–	–
0,750	1,333	2,994	1,519	2,723
0,875	1,590	3,137	–	–
1,000	1,795	3,270	1,988	3,237
1,125	1,996	3,347	–	–
1,250	2,202	3,491	2,435	3,412
1,375	2,402	3,540	–	–
1,500	1,598	3,531	2,8865	3,591
1,625	2,802	3,596	–	–
1,750	3,002	3,599	3,343	3,727
1,875	3,200	3,564	–	–
2,000	3,404	3,563	3,0802	3,779
2,125	3,618	3,617	–	–
2,250	3,838	3,687	–	–
2,375	4,052	3,681	–	–
2,500	4,275	3,709	–	–

On voit que, pour la composition 0,25 M en nitrate de strontium, il n'y a pas de constance pour le paramètre K_3 qui croît antérieurement avec la concentration en résorcine, tandis que pour la concentration 0,25 en nitrate de strontium, on observe une constance très convenable de K^3 pour $k'=20,35$, qui va de $C=1,125$ à $C=2,125$, et l'on calcule aisément par extrapolation, en utilisant les valeurs de K_3 correspondant à $k'=20,35$ et à $k'=20,5$ que la valeur k', qui réalise $K_3=3,500$, est $k'=20,380$.

Calcul de l'hydratation globale des ions pour $(NO^3)^2Sr$ 0,25 M. — Le pour cent de l'eau fixée sur le sel est

$$x=\frac{100(20,3780-18,4)}{20,3780}=9,71.$$

D'autre part la densité de la solution de nitrate de strontium 0,25 M, 1,04295,

[2] F. BOURION, É. ROUYER et Mlle ODILE HUN, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1015.

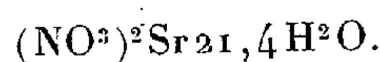
montre que la masse de nitrate de strontium par 100^g d'eau est

$$\frac{\frac{211,6}{4}\times 100}{990,05},$$

d'où l'on déduit le nombre de molécules d'eau fixé sur une molécule de nitrate de strontium

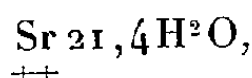
$$\frac{9,71\times 211,6}{18\left(\frac{\frac{211,6}{4}\times 100}{990,05}\right)}=21,36.$$

L'hydrate correspondant aux solutions de nitrate de strontium 0,25 M est donc



$$(NO^3)^2Sr\,21,4H^2O.$$

Si nous admettons que l'hydratation de l'ion nitrique est nulle, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment (³), ce degré d'hydratation est aussi celui de l'ion $\underset{++}{Sr}$ à la concentration 0,25 M, de telle sorte que l'hydratation de l'ion $\underset{++}{Sr}$ est



$$\underset{++}{Sr}\,21,4H^2O,$$

le même que celui que nous avons trouvé à la même concentration 0,25, à partir du chlorure de strontium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pression de quelques gaz permanents aux basses températures et en présence de gel de silice.* Note de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

Les gaz difficilement condensables que l'on rencontre dans l'analyse des gaz sont l'azote, l'oxygène, l'oxyde de carbone et le méthane.

En suivant la technique décrite dans une Note précédente (¹), nous avons déterminé les pressions de ces gaz aux basses températures en présence de gel de silice.

Le Tableau ci-contre représente l'ensemble des résultats obtenus :

(³) F. Bourion, É. Rouyer et Mlle Odile Hun, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1420.

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1940.

Température.	Pression en baryes.			
	Oxygène.	Azote.	Oxyde de carbone.	Méthane.
−182..........	1	–	–	–
−180..........	2,5	–	–	–
−178..........	5,5	0,5	–	–
−176..........	9,5	1	–	–
−174..........	14	1,5	–	–
−172..........	22,5	2	–	–
−170..........	36,5	3	–	–
−168..........	56	4	–	0,5
−166..........	75	6	–	1
−164..........	95	8	–	1,5
−162..........	–	11	–	1,75
−160..........	–	14	0,5	2
−158..........	–	19	1,5	3
−156..........	–	24	3	4
−154..........	–	30	4	5,5
−152..........	–	38	6	8
−150..........	–	49	9	10
−148..........	–	63	13	14
−146..........	–	80	21,5	19
−144..........	–	101	50	26
−142..........	–	–	68	36
−140..........	–	–	89	46
−138..........	–	–	–	61
−136..........	–	–	–	80
−134..........	–	–	–	105

Il résulte de ce Tableau qu'il sera très facile de séparer le groupe oxygène-azote du groupe oxyde de carbone-méthane. Cette séparation revêt une grande importance en analyse eudiométrique quand les volumes de CO, et surtout de CH^4, sont faibles par rapport au volume d'azote ou d'oxygène du mélange à analyser.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydroxydes de cobalt.*
Note de M. **Clément Duval**, transmise par M. Georges Urbain.

En versant, sans précaution spéciale, une solution aqueuse de potasse dans la solution d'un sel cobalteux, on observe la formation de *six* précipités dont la production, à l'état de pureté, dépend étroitement des condi-

tions expérimentales. Ils peuvent être désignés ainsi : α, vert émeraude; β, brun; γ, outremer; δ, violet; ε, rose foncé; ζ, rose clair.

1° La variété α n'apparaît que si la précipitation s'effectue au contact de l'air. Elle a exactement la couleur du chlorure cobaltique $[CoCl^6]Co$, qu'elle donne, impur, sous l'action du gaz chlorhydrique et qui a été récemment étudié (1). Dans cette forme α, le cobalt est donc trivalent. Elle n'est stable qu'en présence d'un excès de potasse; le lavage à l'eau, la centrifugation, la chaleur, la lumière donnent progressivement la variété β. Pour préparer cette variété α, on traite dans un vase large, à l'obscurité, une solution aqueuse de 2^g de chlorure cobalteux par dix fois son poids de potasse. Un courant d'air comprimé arrive dans le mélange maintenu pendant une heure vers 40°. On laisse refroidir et abandonne, sans faire le vide, dans un dessiccateur contenant de l'oxylithe. Les cristaux les mieux formés sont enlevés mécaniquement et lavés avec un peu d'alcool absolu; ils répondent à la formule $[Co(OH)^6]K^3$ (calculé : Co, 21,22; K, 42,08; trouvé : Co, 21,08; K, 42,57). On peut obtenir une combinaison analogue avec le lithium, soit $[Co(OH)^6]Li^3$. Le composé sodique n'a pu être préparé exempt de soude en excès. Toutefois, la liqueur qui lui donne naissance, soumise vers 40° à l'expérience de migration d'ions dans le tube à trois branches déjà décrit (2), accuse un déplacement de cobalt seulement vers l'anode.

2° La variété β est l'hydroxyde cobaltique usuel $(OH)^3Co$, stable elle-même en présence d'une trace de potasse et d'oxygène. Lorsqu'il est noir, il a subi un commencement de déshydratation. On s'explique maintenant pourquoi on l'obtient parfois avec une teinte vert olive, par exemple en traitant un sel cobalteux par l'hypobromite de potassium. La potasse en excès le souille plus ou moins du corps α. On s'explique aussi que le chlorure cobaltique, fait avec l'hydroxyde préparé de cette manière, renferme toujours du chlorure de potassium. Il n'en est pas de même si l'on part d'un sel de cobaltiammine (le chlorure roséo) ou si l'on oxyde le bicarbonate cobalteux par l'eau oxygénée, à la lumière. La forme β est alors toujours brune. Il est inexact de dire qu'elle existe sous deux variétés.

3° J'ai établi (3) que les dérivés cobalteux sont bleus quand le cobalt est

(1) D. Hibert et Cl. Duval, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 780.

(2) Cl. Duval, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2175, et *Documentation scientifique*, n° 35, 1935, p. 145.

(3) *Contribution à l'étude des complexes*, 1936, p. 20.

dans un anion et roses quand il est dans un cathion. La forme rose est toujours stable à plus basse température que la bleue.

Si la forme α est un *cobaltate*, la forme γ est un *cobaltite;* autrement dit, l'*hydroxyde bleu* est un *acide* de formule $[Co(OH)^3(H^2O)^3]H$, non isolé, mais dont j'ai préparé les sels et qui est homologue de l'acide bleu $[CoCl^3(H^2O)^3]H$, prévu par Paul Job ([4]), et obtenu solide ([5]). Si l'on traite, pendant 15 minutes, vers 60°, dans un courant d'azote, à l'obscurité, 2^g de chlorure cobalteux par dix fois son poids de potasse, en solution dans l'eau récemment bi-distillée, on obtient une liqueur bleue, très sensible à l'action de l'humidité, laissant migrer le cobalt à l'anode et qui abandonne, par refroidissement, dans un dessiccateur à chaux, un solide bleu, mal cristallisé, de formule $[Co(OH^3)(H^2O)^3]K$ (calculé, Co 29,06; K 19,21; H^2O 40,00. Trouvé, Co 29,00; K 19,43; H^2O 39,87). Le sel de lithium $[Co(OH)^3(H^2O)^3]Li$ a exactement la teinte de son homologue chloré $[CoCl^3(H^2O)^3]Li$, qui m'avait servi de point de départ dans l'étude de la coloration des sels de cobalt ([5]). Ici encore, le sel sodique n'a pu être isolé.

4° Lorsqu'on hydrolyse progressivement la variété γ, ou quand on agite les variétés ε et ζ avec une petite quantité de potasse, on obtient la variété violette δ. A aucun moment cette variété n'a les propriétés d'un composé défini. C'est un mélange des deux précipités bleu (γ) et rose (ε). Indépendamment des analyses discordantes, la substance δ soumise à une centrifugation rapide (5000 t. p. m.) se scinde en deux couches, l'une bleue, inférieure, l'autre rose, supérieure. Il s'agissait donc d'une illusion de couleur complémentaire.

5° Quand on fait la précipitation à froid, dans l'azote, d'une solution cobalteuse étendue, par une quantité insuffisante de potasse, on obtient un dépôt rose peu sensible à l'action de l'eau. Après décantation ce dépôt, mélangé de sable de la région de Fontainebleau, est centrifugé à 3 reprises. Le sable entraîne au fond des tubes les eaux de lavage et laisse, à la partie supérieure, la forme rose foncé ε qui est l'hydroxyde



$$(OH)^2[Co(H^2O)^6]$$

(Calculé Co 29,35; H^2O 62,68. Trouvé Co 29,30; H^2O 61,95).

([4]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 181.

([5]) Cl. Duval, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 934.

6° Toute autre méthode de déshydratation conduit à l'hydroxyde *anhydre* $(OH)^2Co$, rose pâle, bien connu, qui est notre forme ζ. En particulier, si la déshydratation de ε est conduite à 60°, la teinte devient même violacée, preuve que la perte d'eau est trop poussée et que l'hydroxyde rose ordinaire $(OH)^2Co$ est souillé d'oxyde bleu OCo.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxyde de phosphonitrile* $(OPN)^n$. Note de M. **Georges Wetroff**, transmise par M. Georges Urbain.

Les recherches d'ensemble sur les composés phosphoazotés ([1]) m'ont conduit à examiner les conditions de formation et les propriétés de l'oxyde de phosphonitrile. L'existence d'une substance répondant à la formule OPN a été signalée depuis longtemps ([2]), et celle-ci doit se former en particulier par chauffage des produits résultant de l'action de l'ammoniac sur l'oxychlorure de phosphore $POCl^3$ ([3]).

Il est difficile de rendre complète cette opération initiale; pour y parvenir on fait arriver goutte à goutte l'oxychlorure de phosphore pur au sein de l'ammoniac liquide. La réaction, qui est très violente, donne naissance à une masse blanche; après évaporation de l'excès d'ammoniac, on élimine par chauffage le chlorure d'ammonium formé et l'ammoniac dû à la décomposition des amines ou imides intermédiaires. On termine l'opération en maintenant le produit pendant quelques jours à 500-525° C. sous une pression inférieure à 1^{mm} de mercure. Tout le chlore présent se retrouve à l'état de NH^4Cl déposé dans les parties froides de l'appareil; après refroidissement on recueille une poudre blanche absolument inerte à l'air, qui à l'analyse ([4]) présente bien la composition OPN (calculé P : 50,8; N : 22,8; trouvé P : 50,6; N : 21,4).

Plusieurs noms ont été proposés pour ce composé (biphosphamide par Gerhardt, monophosphamide par Schiff, phosphonitrile par Gladstone),

---

([1]) H. Moureu et G. Wétroff, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1381; **204**, 1937, p. 51 et 436; *Bull. Soc. Chim.*, **4**, 1937, p. 918 et p. 1293.

([2]) Gerhardt, *Comptes rendus*, **22**, 1846, p. 858; *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, **18**, 1846, p. 188.

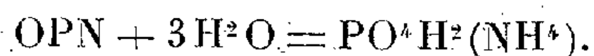
([3]) Schiff, *Liebigs Ann.*, **101**, 1857, p. 299; Gladstone, *J. Chem. Soc.*, **22**, 1869, p. 15.

([4]) La mise en solution se fait très facilement par l'acide sulfurique concentré chauffé à l'ébullition et ne demande que quelques minutes.

aucun d'eux ne me semble rendre compte d'une manière satisfaisante de la formule OPN. Je le désigne sous le nom d'oxyde de phosphonitrile, qui a l'avantage d'en faire un dérivé du groupement PN, dont la stabilité particulière a été mise en évidence par les travaux antérieurs (1).

L'oxyde de phosphonitrile est insoluble dans tous les solvants usuels et n'est pas volatil ; ses propriétés physiques font admettre une formule polymère $(OPN)^n$. Aux rayons X cette substance apparaît comme étant amorphe. Elle est infusible et présente un domaine de stabilité étendu ; on peut la chauffer sous faible pression (de l'ordre du 1/100e de millimètre de Hg) jusque vers 750° C. sans la décomposer.

L'oxyde de phosphonitrile n'est pas attaqué par l'eau à froid. L'hydrolyse en tube scellé n'a lieu en quelques heures qu'à 175° C. et se fait suivant la réaction

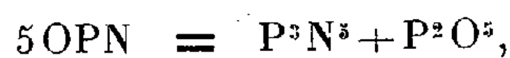


$$OPN + 3H^2O = PO^4H^2(NH^4).$$

La formation intermédiaire des acides métaphosphimiques $[PN(OH)^2]^n$ n'est pas exclue, mais un essai effectué sur l'acide tétramère, qui est le plus stable de la série, a démontré que sa transformation en phosphate d'ammonium par l'eau est rapide et totale dès 150°C. Donc même si les acides métaphosphimiques prennent naissance à partir de l'oxyde de phosphonitrile, ce qui est vraisemblable, il semble impossible de les isoler dans ces conditions.

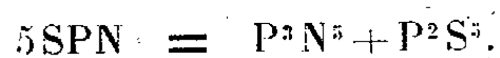
Sous pression réduite et au-dessus de 750°C. l'oxyde de phosphonitrile se dissocie lentement, sans fondre ; la portion non dissociée conserve la composition initiale (trouvé dans un échantillon chauffé vers 900°C., P : 50,6 ; N : 21,1) ; aux environs de 1000°C. il faut encore plusieurs heures pour le détruire. Les produits de décomposition sont, d'une part, de l'azote et, d'autre part, deux sublimés solides chevauchant en partie l'un sur l'autre. Le plus volatil est blanc et formé par du P^2O^5 avec des traces de P^2O^3. L'autre, condensé dans la région plus chaude de l'appareil, est rouge, vitreux, insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide sulfurique concentré et chaud avec dégagement d'anhydride sulfureux ; chauffé dans un courant de chlore il donne le chlorure de phosphonitrile $(PNCl^2)^3$. Ces propriétés sont celles du paranitrure de phosphore $(PN)^n$; l'analyse montre toutefois que le composé obtenu dans ces conditions n'est pas pur et présente un déficit en azote (calculé P : 68,9 ; N : 31,1, trouvé P : 63,7 ; N : 21,9) ; celui-ci est dû à l'oxydation partielle que subit le nitrure au contact de l'oxyde P^2O^5, réaction qui se fait avec dégagement simultané d'azote moléculaire.

En s'appuyant sur les résultats précédents, les modalités de la décomposition de l'oxyde de phosphonitrile peuvent être interprétées par la réaction primaire



$$5OPN = P^3N^5 + P^2O^5,$$

analogue à la transformation thermique du sulfure de phosphonitrile ([5]) qui, à température plus basse, donne effectivement du pentanitrure de phosphore



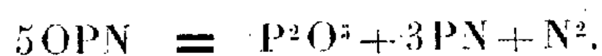
$$5SPN = P^3N^5 + P^2S^5.$$

Mais la dissociation de l'oxyde de phosphonitrile se faisant à une température élevée, où le pentanitrure de phosphore n'est pas stable lui-même, on verra celui-ci se décomposer à son tour, suivant la transformation connue



$$P^3N^5 = 3PN + N^2,$$

si bien que la réaction globale peut être écrite



$$5OPN = P^2O^5 + 3PN + N^2.$$

La quantité d'azote que l'on recueille à l'état gazeux est en accord satisfaisant avec l'équation précédente (obtenu 125 m/molécules au lieu de 100), l'excès d'azote provenant de l'oxydation partielle de paranitrure de phosphore signalée plus haut.

Dans la série des corps dérivés de $POCl^3$, l'oxyde de phosphonitrile semble donc occuper la place que possède le phospham PN^2H dans la série de PCl^5; c'est ainsi qu'il présente des propriétés physiques analogues et donne naissance par décomposition aux mêmes nitrures de phosphore; la présence d'un atome d'oxygène rend toutefois plus complexe l'ensemble des réactions.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'hydraulicité des laitiers.*

Note ([1]) de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous avons cherché à mettre rapidement en évidence les différences d'hydraulicité des laitiers, différences que l'analyse chimique seule ne permet pas de prévoir. Dans ce but nous avons attaqué, par des solutions

([5]) Stock, *Ber. d. Chem. Ges.*, 39, 1906, p. 1967.

([1]) Séance du 4 octobre 1937.

acides, par de l'eau et par des solutions basiques, des laitiers granulés dont la composition chimique est

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	CaO.	MgO.	Mn^3O^4.
Laitier nº 1 très bon...	27,7	18,5	1,5	44,5	4,1	4,2
Laitier nº 2 bon......	29,7	18,05	0,65	45,30	3,76	2,7
Laitier nº 3 bon......	30,0	17,55	0,75	44,40	3,76	4,0
Laitier nº 4 médiocre.	34,0	12,95	0,75	45,60	3,96	2,8
Laitier nº 5 mauvais..	35,5	19,6	0,9	37,1	4,12	2,2

L'examen aux rayons X nous a montré que tous ces laitiers étaient des verres.

L'attaque du laitier a été déterminée en suivant la diminution de poids du solide agité dans un volume de liquide suffisant pour que tous les éléments dissous restent en solution ($0^g,050$ à $0^g,150$ de laitier dans 1 litre de solution à la température ambiante : 18-22°).

Tous les laitiers se sont dissous rapidement dans l'acide chlorhydrique

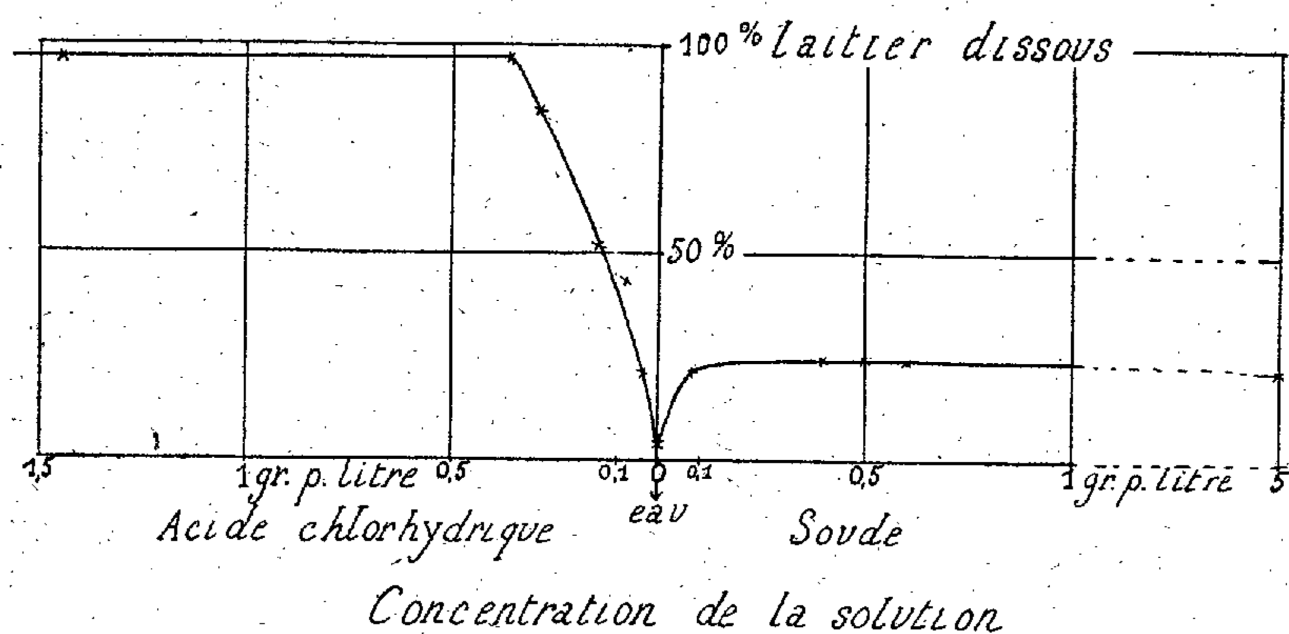


Fig. 1. — Influence de l'alcalinité de la solution sur l'attaque d'un laitier ($0^g,15$ de laitier nº 1 agité dans 1000^{cm^3} de solution. Durée de contact : 1^h30^m).

même dilué (*fig.* 1). Cette attaque est tellement rapide qu'elle ne nous a pas permis de mettre en évidence des différences d'état physique entre les divers laitiers. Le laitier est attaqué beaucoup moins vite par l'eau pure que par les solutions de soude à quelques décigrammes par litre (*fig.* 1).

La dissolution dans la soude à $0^g,5$ par litre nous a permis de classer très rapidement les laitiers dans l'ordre de leur hydraulicité. Ainsi après une heure et demie de contact avec la solution il a été dissous 24,3 pour 100 du laitier nº 1 très bon, 20 et 21 pour 100 des nºs 2 et 3 bons, 7,2 pour 100 du nº 4 médiocre et 6,5 pour 100 du nº 5 mauvais.

Nous sommes, en outre, arrivés à la même classification par deux autres méthodes différentes; l'une en déterminant la résistance à la compression des laitiers gâchés avec de la soude à 200^g par litre et l'autre en suivant le dégagement de chaleur de la réaction.

Les résistances obtenues sont indiquées dans le Tableau ci-dessous; les résistances à 6 heures étant environ quatre fois plus grandes pour les laitiers bons que pour le laitier mauvais.

Résistances à la compression de laitiers gâchés en proportion de 100^g *pour* 30^{cm^3} *de soude à* 200^g *par litre* (kg/cm²).

	à 6 heures.	à 24 heures.	à 8 jours.
Laitier n° 1	183	288–271	–
Laitier n° 2	178–141	271–266	–
Laitier n° 3	163	266–244	350
Laitier n° 4	65–57	135–125	–
Laitier n° 5	43–40	300	–

La calorimétrie de la réaction a été faite suivant une méthode décrite précédemment (²) et les résultats obtenus sont représentés par la figure 2.

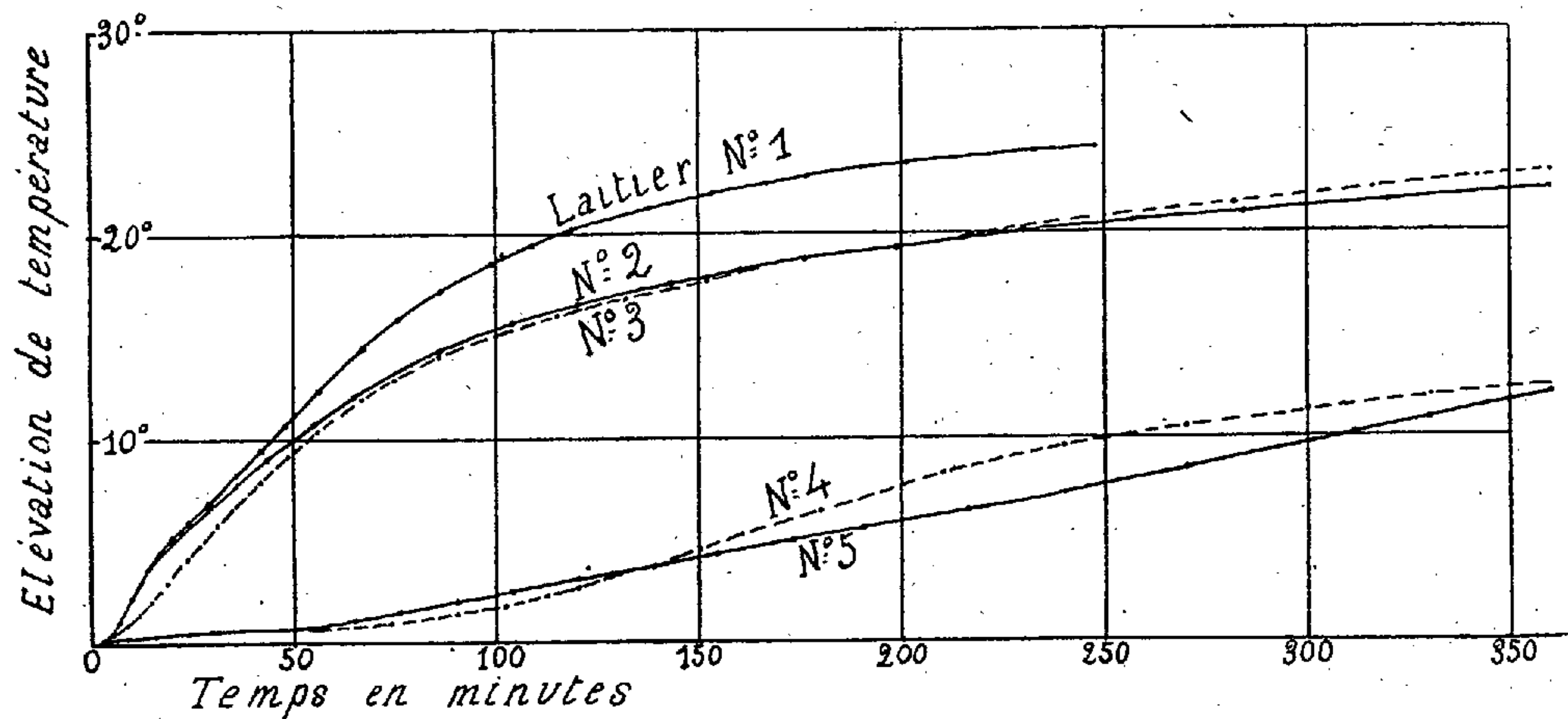


Fig. 2. — Calorimétrie de la réaction entre 20^g de laitier et 10^{cm^3} de soude à 200^g par litre.

En résumé nous avons classé divers laitiers d'après leur hydraulicité par trois méthodes différentes dont l'application ne demande que quelques heures, tandis que les essais habituels durent plusieurs semaines.

(²) JOLIBOIS et CHASSEVENT, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 202.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les produits formés par combustion incomplète des hydrocarbures liquides légers.* Note de MM. **Alfred Maillard** et **R. Friedrich**, transmise par M. Georges Urbain.

La nature des produits formés par combustion incomplète des hydrocarbures liquides légers pose un problème intéressant qui ne semble pas avoir reçu jusqu'à ce jour de solution satisfaisante. La grande dilution du plus grand nombre de ces produits par les principaux constituants après la combustion rend illusoires les analyses de gaz à l'aide des méthodes courantes. On se propose en général et l'on se contente d'habitude d'apprécier le degré de la combustion par dosage du gaz carbonique et de l'oxyde de carbone.

En vue de saisir facilement les produits à faible concentration nous provoquons la condensation partielle des gaz. Ce travail utilise la condensation par refroidissement à l'eau maintenue à 15°

La combustion est réalisée dans un récipient dont les parois métalliques sont maintenues à température constante (40°), afin de régulariser l'effet de paroi et par suite la combustion. La température est repérée aux différents points utiles. Le dispositif permet de régler avec soin l'arrivée du combustible pulvérisé et celle de l'air. On utilise toujours un excès d'air de 10 pour 100 sur le volume théoriquement nécessaire pour une combustion totale. Cette façon d'opérer présente le double avantage sur la combustion ordinaire, dite à pression constante, d'une grande rapidité et d'une bonne régularité.

La plus grande partie des produits retenus sont dilués par l'eau condensée; une petite partie forme une couche huileuse qui surnage.

Produits solubles dans l'eau. — Nous nous sommes limités jusqu'à ce jour à la recherche des acides et des aldéhydes.

Acides. — L'acide acétique est le principal constituant; l'acide formique vient en second lieu; le reste est constitué par des acides à poids moléculaire plus élevé non encore identifiés d'une manière certaine.

La quantité d'acide formé varie à la fois avec la quantité d'hydrocarbures brûlés par unités de temps (débit), et l'origine du mélange d'hydrocarbures; elle est peu influencée par la densité du liquide initial.

Les résultats sont tous exprimés en grammes d'acide acétique par litre d'eau condensée.

Débit (gr. par min.).	gr. CH^3CO^2H Colombie $d = 0,754$.	Pérou $d = 0740$.	Péchelbronn $d = 0,737$.
15,7	0,98	1,0	0,83
33,8	1,25	1,6	0,89
41,6	2,30	1,9	1,4
44,6	3,0	2,2	1,7

Les nombres suivants, se rapportant à trois fractions de densité très différente, provenant d'un même brut (Péchelbronn), montrent bien que l'influence de la densité est peu marquée :

Densité	0,665	0,707	0,737
Acide formé	0,83	0,86	0,89 (gr. $C^2H^4O^2$)

L'addition d'alcool éthylique à un mélange d'hydrocarbures ne produit pas une augmentation de la quantité d'acide formé, contrairement à ce qu'on pourrait supposer : ainsi de l'alcool dénaturé pour carburant a donné par combustion 1g,12 d'acide, alors que le mélange d'hydrocarbures entrant dans le même carburant, et le carburant composé lui-même ont donné respectivement 1g,25 et 1g,48.

Aldéhydes. — Des aldéhydes, essentiellement de l'aldéhyde formique, se forment en quantités très variables suivant l'origine du mélange d'hydrocarbures. Comme pour les acides la quantité d'aldéhyde formé croît avec le débit; par contre la présence d'alcool élève ici la quantité d'aldéhyde formé. Il semble donc bien, dans nos conditions de travail, que l'oxydation de l'alcool en aldéhyde soit la réaction d'oxydation partielle la plus importante.

Dans le tableau suivant les aldéhydes sont évalués en gramme de formaldéhyde.

Origine du carburant.	Aldéhyde (gr. HCHO).
Colombie ($d = 0,754$)	0,186
Pérou ($d = 0,740$)	0,245
Péchelbronn ($d = 0,707$)	0,540
Péchelbronn ($d = 0,737$)	0,480
Carburant national (25 pour 100 d'alcool)	0,745
Essence de ce carburant ($d = 0,720$)	0,690
Alcool dénaturé de ce carburant	1,02

Produits insolubles dans l'eau. — Cette fraction constitue un mélange très complexe. Deux corps seulement ont pu, jusqu'à présent, y être carac-

térisés avec certitude; le phénol C^6H^5OH, et l'acroléine $CH^2{=}CH{-}CHO$. Cependant la présence de ces deux corps suffit à expliquer le fait que, dans presque tous les cas, il se sépare, au repos, de cette fraction, un liquide dense qui, sous l'action de la chaleur et à l'air, se résinifie, durcit et prend finalement l'aspect d'un vernis.

Pour conclure, la condensation partielle des gaz de combustion nous a permis de mettre en évidence l'existence, dans ces gaz, de corps que l'analyse courante n'avait pas, jusqu'à ce jour, pu y saisir : acides et aldéhydes à bas poids moléculaire et phénol. Ainsi peuvent s'expliquer les propriétés lacrymogènes des gaz d'échappement de véhicules utilisant des carburants fortement alcoolisés, dont les effets si gênants ont motivé ce travail. Nous cherchons à les supprimer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Classification en deux groupes des complexes du chlorure de magnésium avec les combinaisons organiques oxygénées suivant la nature des liaisons de l'oxygène.* Note de Mlle **Marie-Louise Quinet**, transmise par M. G. Urbain.

Nous avons montré, soit seule, soit en collaboration avec M. Olmer, que les combinaisons du chlorure de magnésium anhydre avec les alcools se faisaient avec 6^{mol} d'alcool (¹). Il en est aussi de même avec l'acide acétique (²). Mais, avec l'acétate d'éthyle (²), la combinaison ne se fait qu'avec 3^{mol} et, avec l'oxyde d'éthyle, nous n'avons pu obtenir aucune combinaison.

Nous avons alors pensé que *le nombre de molécules organiques oxygénées fixées par le chlorure de magnésium dépendait de la nature des liaisons de l'atome d'oxygène dans la molécule organique.*

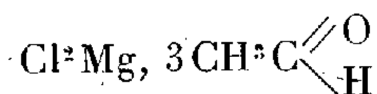
Pour vérifier cette hypothèse, nous avons essayé la combinaison du chlorure de magnésium avec l'éthanal CH^3CHO et avec la propanone.

Nous avons obtenu, comme nous l'avions prévu, le chlorure de magnésium triéthanal et le chlorure de magnésium tripropanone.

On ajoute, par petites portions, le chlorure de magnésium anhydre dans l'éthanal refroidi à 0°; la réaction est très vive et il se produit immédiatement un abondant

(¹) L. J. Olmer et Mlle M.-L. Quinet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 1579.
(²) Mlle M.-L. Quinet, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 518, et *Thèse*.

précipité blanc de formule



presque insoluble dans l'éthanal.

Avec la propanone, la combinaison se fait également avec dégagement de chaleur, mais le composé formé est très soluble dans l'excès de propanone, alors que le chlorure de magnésium hexahydraté est rigoureusement insoluble dans ce liquide. Par évaporation dans le vide, ou par précipitation à l'éther, on obtient les cristaux de chlorure de magnésium tripropanone (³).

Il semble donc que le groupement —OH donne les complexes à 6 molécules (eau et alcools), le groupement =O, les complexes à 3 molécules (aldéhyde et cétone) et le groupement —O— aucun complexe (éther-oxyde), au moins aux températures supérieures à —20°.

Le cas de l'acide acétique, donnant un complexe à 6 molécules, semble montrer que la réactivité du groupe —OH est supérieure à celle du groupe =O.

C'est ce que nous avons vérifié : les aldéhydes et les cétones que nous avons essayés n'ont pas d'action sur les composés aqueux et alcooliques : au contraire, les composés aldéhydiques ou cétoniques sont immédiatement décomposés par l'eau et les alcools avec un énorme dégagement de chaleur, même si l'on emploie le butanol. Cette réaction nous a conduit à un mode de préparation très commode pour les composés du chlorure de magnésium anhydre avec les alcools de poids moléculaire élevé, alors que la méthode que nous avions décrite (⁴) est difficile par suite des viscosités et des sursaturations.

Décomposition. — La décomposition (soit dans le vide, soit à diverses températures, en faisant varier le mode de chauffage) ne nous a jamais donné, pour les composés aldéhydiques et cétoniques, le chlorure de magnésium anhydre.

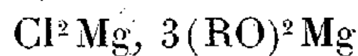
Le terme ultime de la décomposition est toujours l'oxyde de magnésium, comme dans le cas des composés avec les alcools et l'acide acétique.

Mais les produits intermédiaires de la décomposition varient suivant le groupe où se place le complexe.

(³) Les formules ont été déterminées par l'analyse complète du corps (Cl et Mg gravimétriquement, l'aldéhyde par la méthode à l'hydroxylamine de Bennett Salomon, la cétone par iodométrie).

(⁴) L.-J. Olmer et M.-L. Quinet, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **1**, 1934, 1579.

Avec les composés à 6^{mol}, on obtient d'abord les aryloxychlorures

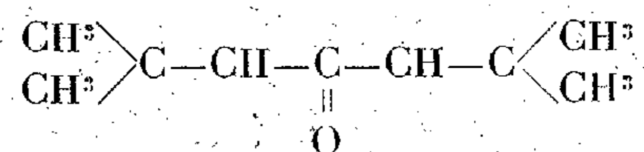


et l'acétochlorure

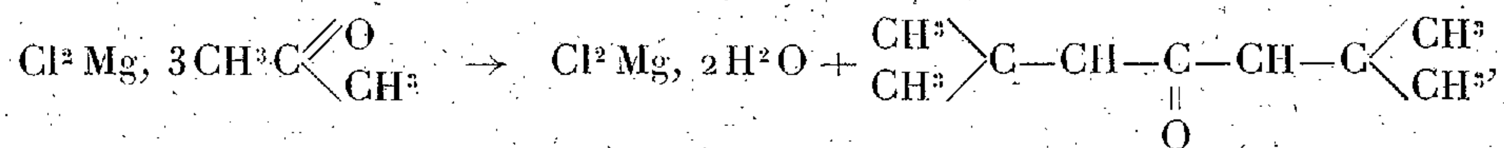


Avec les composés à 3^{mol}, on obtient d'abord le composé à 1^{mol} (²).

Par exemple, avec le chlorure de magnésium tripropanone, la décomposition se fait rapidement à 100° en donnant le composé monopropanone; à 56°, la décomposition est très lente et elle s'accompagne d'une déshydratation de la propanone par le chlorure de magnésium. On trouve dans le produit de décomposition de la *phorone*



et du chlorure de magnésium dihydraté; la réaction est presque totale suivant la formule



ce qui est en contradiction avec l'étude de cette décomposition faite par Jones et ses collaborateurs (³), qui prétendent que le produit de cette décomposition est le chlorure de magnésium anhydre.

A 200°, il y a départ de composés chlorés volatils et formation d'éthanolate de magnésium que j'ai déjà obtenu par une autre méthode (²); à plus haute température, cet éthanolate se décompose en oxyde de magnésium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les colorants de Pechmann. Sur la prétendue isomérie des colorants de Pechmann et de Kugel.* Note de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le dénombrement des isomères est considéré, à juste titre, comme le moyen le plus sûr de fixer la constitution.

Ayant établi (¹) que les possibilités d'isomérie sont très restreintes pour

(³) W. R. G. Bell, C. B. Rowlands, I. J. Bamford, W. G. Thomas et W. J. Jones, *Journ. Chem. Soc.*, **137**, 1930, p. 1927.

(¹) P. Chovin, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 360; **204**, 1937, p. 1073.

le colorant de Pechmann, même lorsqu'il porte des substituants inégaux, j'ai entrepris l'examen des isoméries annoncées par d'autres auteurs.

On connaît depuis longtemps un isomère donné comme orangé, mais que j'ai appelé colorant jaune, parce que j'ai démontré que telle était sa couleur véritable ([2]). Malgré les écarts d'opinion sur sa teinte, l'existence réelle de ce corps ne prête à aucune contestation : ses constantes et ses propriétés le différencient sans ambiguïté.

Il ne m'a pas paru en être de même pour l'isomère annoncé par Bogert et Ritter ([3]). C'est pourquoi j'en ai repris l'étude. D'après ces auteurs, le colorant produit par une réaction due à Kugel (oxydation de la γ-phényl-$\Delta^{\beta\gamma}$-crotolactone) serait différent du colorant de Pechmann. Il se formerait d'ailleurs, en premier lieu dans la réaction de Pechmann elle-même (déshydratation de l'acide β-benzoylacrylique), et ce ne serait que dans un deuxième temps qu'interviendrait une isomérisation aboutissant au colorant ordinaire de Pechmann. Pour des durées intermédiaires de réaction, on obtiendrait des mélanges en proportions variables des deux colorants.

Toujours selon Bogert et Ritter, l'isomérie repose sur deux observations :

1° Le caractère qui différencie les colorants est la forme et la couleur des cristaux. Ceux du colorant de Pechmann sont des plaques rouges à reflets mordorés, ceux du colorant de Kugel des aiguilles rouge violacé à reflets bleutés. Il n'a pas été donné de constante physique qui permît de les distinguer plus sûrement, telle que les points de fusion ou la position des bandes d'absorption dans le spectre.

2° L'hydrolyse alcaline du colorant de Pechmann a permis à Bogert et Ritter d'obtenir un acide dihydraté jaune. Le colorant prétendu isomère, traité dans les mêmes conditions, donnerait un acide, isomère du précédent mais blanc, qui régénérerait le colorant de départ par déshydratation. Or, tout récemment, en reprenant l'étude de l'hydrolyse ([2]), j'ai montré que l'isomérisation spontanée de l'acide jaune en phase aqueuse alcaline aboutit à un acide blanc dihydraté, vraisemblablement identique à celui que l'on connaît déjà, mais que son mode de formation empêche de considérer comme le produit direct de l'hydrolyse d'un colorant. D'autre part, cet acide blanc se déshydrate en régénérant sans ambiguïté le colorant ordinaire de Pechmann.

Ces résultats vont à l'encontre de ceux de Bogert et Ritter et font dispa-

---

([2]) P. Chovin, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 565.

([3]) M. T. Bogert et J. J. Ritter, *J. Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2871.

raître l'un des deux arguments par lesquels se défend l'isomérie des colorants rouges. Comme il ne subsiste plus que la légère différence de couleur entre les colorants eux-mêmes, j'ai repris les préparations de Kugel, d'une part, de Bogert et Ritter, d'autre part, afin de baser la comparaison des produits qui en résultent sur des caractères moins vagues que la teinte des cristaux.

J'ai tout d'abord entrepris de préparer un colorant de référence exempt de son isomère supposé, en maintenant à l'ébullition pendant plusieurs heures une solution dans l'anhydride acétique d'un colorant à reflets mordorés, c'est-à-dire dans des conditions qui devraient supprimer toute trace du corps contesté. Or, selon la vitesse de refroidissement de la solution acétique, les cristaux qui se déposent ressemblent à volonté à ceux des colorants de Pechmann ou de Kugel. De plus, tous les produits que l'on peut ainsi faire cristalliser, de même que leurs mélanges, fondent uniformément à 317° quels que soient les teintes ou les reflets présentés par leurs cristaux.

D'autre part le colorant de Kugel, préparé selon les indications de l'auteur ([4]), se dépose effectivement sous la forme d'aiguilles à reflets bleutés. Mais il fond à 317°, ainsi que le mélange avec le colorant à reflets mordorés.

La préparation de Bogert et Ritter n'a pas permis d'établir de différences entre les produits que l'on peut recueillir en variant la durée de chauffe. En respectant les données des auteurs, c'est-à-dire en traitant en une seule opération 100g d'acide β-benzoylacrylique, il a été préparé plusieurs jets de cristaux dont la couleur et les reflets sont de plus en plus foncés au fur et à mesure qu'augmente la proportion de résines dans la liqueur mère. Là encore, la vitesse de refroidissement influe sur la grosseur et la couleur des cristaux. Les divers jets obtenus, qu'ils soient rouges à reflets mordorés ou rouge violacé à reflets bleutés, représentent le même corps puisqu'ils fondent tous à 317°, seuls ou en mélange avec un colorant à reflets mordorés.

Enfin, si la différence de couleur des deux sortes de cristaux était due, non à une simple particularité cristalline, mais à une dissemblance des enchaînements intramoléculaires, elle se retrouverait en solution : les bandes d'absorption des solutions chloroformiques n'occuperaient pas la même position dans le spectre; en particulier, celles du colorant de Kugel

---

([4]) M. KUGEL, *Liebigs Annalen*, **299**, 1898, p. 50.

devraient être déplacées vers le rouge. Or il n'en est rien : les spectres, enregistrés sur la même plaque, sont identiques. Les solutions ont donc même couleur. D'ailleurs, les poudres très fines ne se distinguent pas l'une de l'autre.

Comme il serait bien surprenant que deux isomères eussent mêmes points de fusion, seuls ou en mélange, et mêmes spectres d'absorption, je conclus qu'il n'y a pas lieu de tenir compte, dans l'état actuel des expériences, de l'isomérie signalée par Bogert et Ritter pour les colorants de Pechmann et de Kugel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen des cétones β-chloréthylées ou β-vinylées. Préparation de quelques homologues de la cyclohexène-1-one* 3. Note de M. **Jean Décombe**, présentée par M. Marcel Delépine.

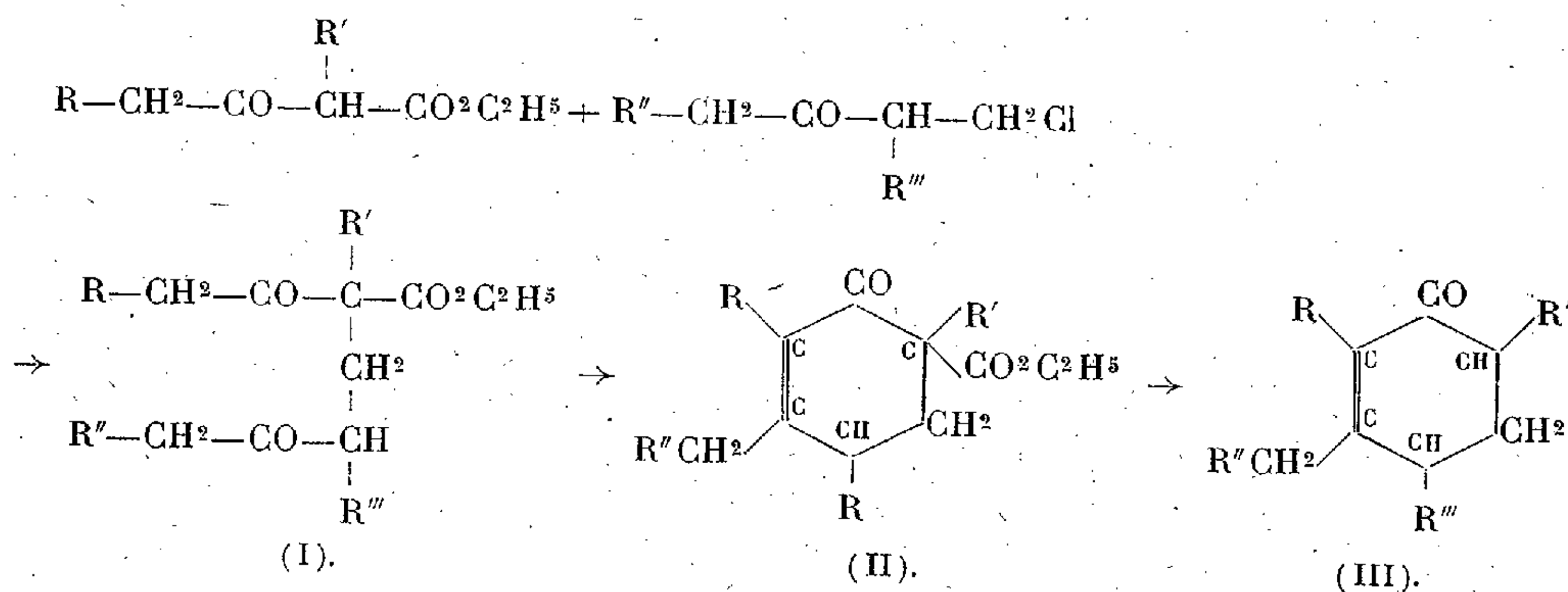
Les cétones β-chloréthylées α-substituées et les cétones vinylées qui leur correspondent, récemment décrites d'abord par nous-même ([1]), puis par Colonge ([2]), se différencient respectivement des cétones simplement β-chloréthylées ou vinylées de Blaise et Maire ([3]) par une mobilité un peu moindre de l'atome d'halogène et par l'absence d'exaltation de la réfraction moléculaire (Colonge, *loc. cit.*). Cependant, en répétant avec elles un certain nombre des synthèses qui ont mis en évidence les remarquables aptitudes réactionnelles des cétones β-chloréthylées ou vinylées, nous avons constaté qu'elles se comportaient comme ces dernières dans la plupart des réactions et qu'elles permettaient des généralisations faciles et intéressantes.

Nous rapporterons ici les condensations que nous avons faites avec les éthers β-cétoniques dans le but de préparer des homologues de la cyclohexène-1-one 3, dont nous nous proposons d'étudier certaines propriétés en fonction du nombre et de la position des substituants.

Blaise et Maire ont montré ([4]) que le β-chloréthyl-méthylcétone se condense avec l'éther acétylacétique pour donner une γ-dicétone-α-carbéthoxylée, qui se cyclise aisément, de telle façon que le groupement éther-

([1]) J. Décombe, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1685.
([2]) Colonge, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 2116.
([3]) Blaise et Maire, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1087.
([4]) Blaise et Maire, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1908, p. 418.

sel reste en β par rapport à la fonction cétone. Ce produit de cyclisation conduit par saponification à des homologues de la cyclohexène 1-one 3. Cette réaction se généralise très facilement, en faisant varier d'une part la cétone halogénée et d'autre part l'éther β-cétonique. On obtient ainsi un certain nombre de termes qui n'ont pas encore été décrits et qu'il serait difficile d'obtenir par d'autres voies. La réaction la plus générale s'écrit



De plus, l'étude systématique de ces réactions nous a conduit aux remarques suivantes :

1° Les condensations en question s'effectuent au mieux dans l'éther anhydre, en faisant agir la cétone sur le dérivé de l'éther β-cétonique préalablement préparé avec du sodium pulvérulent. Dans ces conditions on obtient les mêmes résultats, que l'on parte de la cétone β-chloréthylée ou de la cétone vinylée correspondante.

2° Les dicétones-esters du type I ne s'isolent pas facilement à l'état pur, car, au cours de leur distillation, elles se déshydratent déjà partiellement avec formation de produits cyclisés plus ou moins décarboxylés. Il est avantageux de poursuivre les opérations sur le produit brut de la condensation.

3° Nous avons vérifié que la saponification directe de ce produit brut conduit à la même cyclohexènone que la saponification du produit intermédiaire II, isolé dans le cas particulier étudié par Blaise et Maire. Ce point était important, car le terme I étant dissymétrique aurait pu dans ces conditions se cycliser de façon différente et conduire à une cyclohexènone isomère.

4° L'agent de saponification qui nous a paru le plus avantageux est la baryte. Mais il se fait toujours dans cette opération une quantité assez importante de résines, provenant vraisemblablement de la condensation de

la cétone cyclique sur elle-même. Les rendements calculés, à partir de l'éther β-cétonique mis en œuvre, ont varié suivant les opérations de 35 à 55 pour 100.

La méthyl 1-*éthyl* 4-*cyclohexène* 1-*one* 3 bout à 95-98° sous 12mm. Son oxime est une huile visqueuse qui bout à 135-140° sous 15mm et qui donne un *p*-nitrobenzoate fondant à 193°.

La diméthyl 1.6-*cyclohexène* 1-*one* 3 a été décrite dans la littérature, sous le nom de laurénone ([5]) (produit d'oxydation permanganique de l'acide lauronolique), comme un liquide bouillant à 92-95° sous 16mm et donnant une oxime solide fondant à 105-109°. Le produit que nous avons obtenu bout à 92-95° sous 15mm; mais son oxime, de quelque manière qu'on le prépare, est une huile visqueuse bouillant à 132-135° sous 15mm et donnant un benzoate fondant à 112-113°.

L'éthyl 1-*méthyl* 6-*cyclohexène* 1-*one* 3 bout à 99-104° sous 15mm; son oxime bout à 143-148° sous 16mm, elle donne un benzoate fondant à 76°.

L'éthyl 1-*diméthyl* 2.6-*cyclohexène* 1-*one* 3 bout à 105-106° sous 15mm. Son oxime est solide et fond à 68°.

Le diéthyl 1.4-*méthyl* 6-*cyclohexène* 1-*one* 3 bout à 122-127° sous 15mm. Son oxime est liquide et bout à 152-154° sous 15mm. Nous n'avons pas réussi à en préparer de dérivés cristallisés.

L'éthyl 1-*triméthyl* 2.4.6-*cyclohexène* 1-*one* 3 bout à 118-121° sous 15mm. Son oxime bout à 150-152° sous 15mm; elle donne un *p*-nitrobenzoate fondant à 106°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de quelques glycérides phénylaliphatiques et leur réduction en alcools correspondants. Application à la préparation de l'alcool phényléthylique*, Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Delépine.

Une récente Note de MM. V. M. Mitchavith et G. Itéfanowith ([1]) m'incite à publier des recherches déjà anciennes sur la réduction de quelques glycérides par la méthode de Bouveault et Blanc, dont la publication avait été différée à cause de l'intérêt qu'elles présentaient pour la fabrication de l'alcool phényléthylique.

On ne connaît qu'un petit nombre de glycérides aromatiques dérivés des acides benzoïque et salicylique; ceux des acides phénylaliphatiques et, en

([5]) Tiemann, *Ber. d. Deuts. chem. Ges.*, **33**, 1900, p. 2950; Bredt, *J. für prak. Chem.*, **83**, 1911, p. 401.

([1]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 386.

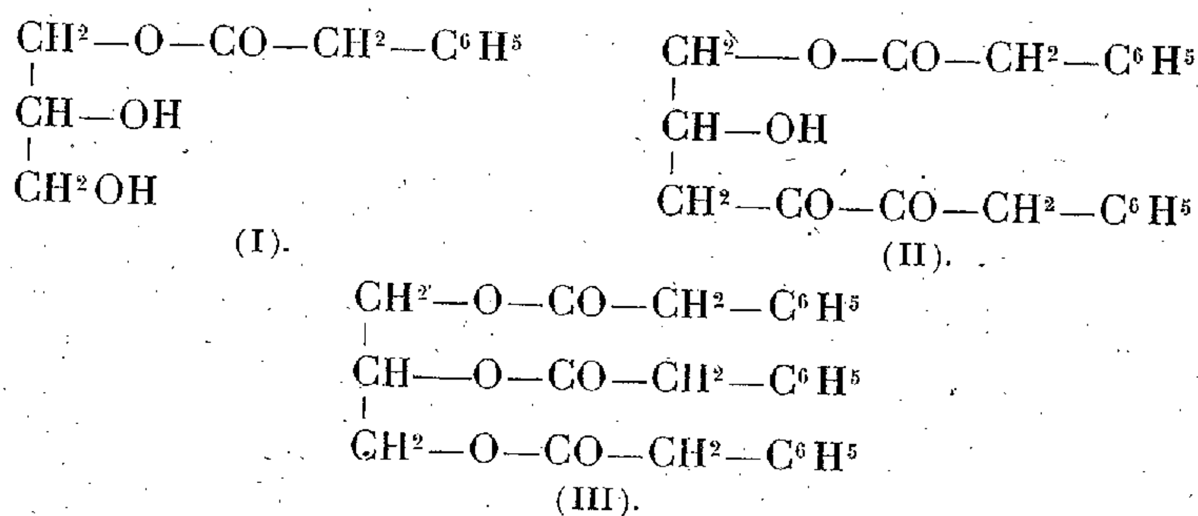
particulier, de l'acide phénylacétique le plus simple d'entre eux, n'ont pas été préparés.

La facilité particulière avec laquelle ces acides s'estérifient faisait prévoir que la préparation de leurs glycérides serait aisée; c'est ce que l'expérience a confirmé.

Pour préparer les glycérides de l'acide phénylacétique, il suffit de chauffer à 145-150° un mélange de glycérine et d'acide phénylacétique auquel on ajoute quelques gouttes de HCl concentré comme catalyseur. L'eau distille rapidement et lorsqu'elle cesse de se dégager on termine l'estérification en maintenant une température de 135° à 140° sous un vide de 15^{mm} environ pendant 16 à 20 heures.

Le produit est alors dissous dans du benzène et cette solution est lavée avec une solution de Na^2CO^3 pour éliminer l'acide et la glycérine qui n'auraient pas réagi. En chassant le benzène d'abord à la pression normale, puis au vide, on obtient les glycérides de l'acide phénylacétique avec un rendement excellent.

En employant un grand excès de glycérine, on obtient le monoglycéride (I); un grand excès d'acide donne, au contraire, le triglycéride (III).



Ces deux glycérides sont des huiles incolores sans odeur et indistillables sans décomposition même au vide; il n'a pas été possible de les faire cristalliser à basse température.

Si l'on utilise un mélange d'une molécule de glycérine et de deux molécules d'acide, on obtient de même une huile qui ne tarde pas à cristalliser. Par dissolution dans du benzène et précipitation partielle à l'aide de l'éther de pétrole on parvient facilement à purifier ce corps qu'on lave finalement à l'éther sec où il est très peu soluble; c'est le diglycéride II qui fond à 62°,5.

Ces trois glycérides et plus particulièrement le triglycéride neutre se

réduisent facilement par la méthode de Bouveault et Blanc pour donner l'alcool phényléthylique.

Pour réaliser la préparation de cet alcool on chauffe 136^g (1^{mol}) d'acide phénylacétique avec 50^g de glycérine sèche comme indiqué ci-dessus jusqu'à estérification complète. Ce produit est ensuite dissous dans 1800^g d'alcool amylique sec et cette solution, portée à l'ébullition, est réduite en y ajoutant peu à peu 100^g de sodium (théorie 92), la réaction terminée, on ajoute 500^g d'eau environ, on décante la solution amylique qu'on lave jusqu'à neutralité, puis on la concentre et distille finalement l'alcool phényléthylique. Le rendement est de 95 à 100^g d'alcool brut donnant, après rectification soignée, 85 à 90^g d'alcool phényléthylique pur, soit 70 à 75 pour 100 de la théorie, l'alcool ainsi obtenu est particulièrement pur à cause du point d'ébullition élevé des impuretés qui peuvent par suite être éliminées par rectification.

Les homologues de l'acide phénylacétique se prêtent de même aussi facilement à la préparation de leurs glycérides donnant par réduction les alcools correspondants, c'est ainsi que le triglycéride de l'acide β phénylpropionique est une huile incolore donnant par réduction l'alcool phénylpropionique normal. Le triglycéride de l'acide cinnamique est au contraire un corps blanc cristallisé fondant à 111° et donnant également par réduction le même alcool phénylpropionique par suite de l'hydrogénation simultanée de l'acide cinnamique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La structure granulaire des chloroplastes; les grana*. Note de **M. Jean Beauverie**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

La théorie granulaire remonte à Schimper et A. Meyer (1883-1885), puis on l'oublia pour celle de l'homogénéité du plaste. Elle est reprise actuellement et fortement étayée : E. Heitz (1932 et 1936), Doutreligne (1935), Weier (1936), Menke (1934), Hubert (1935), Geitler (1937); belle mise au point de Küster dans sa *Pathologie des Plastes* (1937). Nous fûmes nous-même frappé de cette structure entrevue à l'occasion d'autres études; mais ces observations incomplètes nous firent penser à une variation saisonnière ou d'origine parasitaire. Nos recherches sur les chromoplastes des Renoncules constituaient d'ailleurs pour nous une préparation. La connaissance des Mémoires ci-dessus nous fit reprendre la question des

chloroplastes et conclure que cette structure peut être normale. Nous avions vu les chromoplastes des Renoncules homogènes, mais se résolvant sous la moindre influence en granules uniformes; chez les chloroplastes, cette structure peut être acquise dès l'état normal. En 1928, nous publions des figures où cette structure est représentée. Nous avons examiné près de cent plantes, dont quelques-unes déjà étudiées par Heitz.

Technique. — Plantes aquatiques et terrestres; observation vitale par transparence de feuilles entières ou de coupes tangentielles, côté de l'épiderme inférieur. Observation dans l'eau pour les plantes aquatiques, dans le Ringer pour les plantes terrestres. Enfin, action de réactifs divers qui permettent des déformations utiles à la reconnaissance des faits normaux de structure. Préparations fixées et colorées.

Les causes d'erreur sont diverses : la structure granulaire pourrait résulter d'une altération, on y obvie en observant des plantes aquatiques dans l'eau, en vérifiant la vitalité de la cellule. Dans une coupe, on comparera la structure dans les cellules lésées et entières. Les grains d'amidon, lorsqu'ils sont petits, peuvent prêter à confusion, d'autant plus qu'ils peuvent apparaître verts par réflexion. La plus grave cause d'erreur est une confusion possible avec des granulations lipoïdes.

Les chloroplastes, suivant la conception de Pringsheim, comportent un substratum ou *stroma* supportant des vacuoles ou des grana. Ce sont ces notions qu'il faut préciser.

Grana. — Ce ne sont pas des vacuoles, mais des granules capables de se détacher des plastes; ils portent tout le pigment, le stroma est incolore. Leur taille, jamais submicroscopique (Heitz), est souvent de $0^{\mu},5$ à $0^{\mu},8$; ceux de pomme de terre est d'environ $0^{\mu},95$. Ils peuvent atteindre 2^{μ}. Cette taille varie avec les espèces et les tissus; elle est souvent plus forte dans le parenchyme lacuneux que dans le parenchyme en palissade. La disposition la plus caractéristique est celle en *morula* : le plaste est recouvert de grana d'apparence sphériques et très uniformes; il offre l'aspect d'une petite mûre. Entre les grains apparaît plus ou moins le stroma incolore; celui-ci se découvre mieux dans certains cas de décoloration foliaire parce que les grana sont raréfiés. Leur forme peut s'altérer en bâtonnet, besace, etc. D'aspect généralement sphériques, ils peuvent apparaître allongés quand le plaste est vu de côté; Heitz en conclut à leur forme discoïde. La coloration est exclusive des grana (Heitz). Nous apportons de nouvelles preuves, notamment en provoquant la vésiculation par l'eau distillée (*Solanum tuberosum*, *Bryonia dioica*) ou la formation de hernies par une

solution d'oléate de sodium 1 pour 100 (*Solanum t.*); le stroma dilaté laisse reconnaître qu'il est incolore; dans l'observation ordinaire, il peut paraître teinté par réflexion. Leur constitution est protéolipoïdique, comme le stroma; ils participent comme lui à la lipophanérose; grana et stroma se colorent également en rouge par la fuchsine acide (matières protéiques) après fixation au bichromate-formol. Dans une telle préparation (*Solanum*, *Vitis*), on peut voir les grana enchâssés dans des alvéoles du stroma qu'ils peuvent abandonner en se libérant, laissant leur place vide. Nous verrons qu'il s'agit d'un *artefact* dû à la fixation. En réalité, les grana sont superficiels par rapport au stroma qu'ils recouvrent d'une couche externe. Ces faits semblent ressortir de nos expériences ci-dessus de vésiculisation et de hernies où l'on voit ces grana disposés en paquets nettement externes, ils peuvent même se libérer; quand ils sont gros et espacés, on voit nettement qu'il n'y a ni superposition, ni chevauchement. Il ressort du comportement souvent différent des chloroplastes vis-à-vis des réactifs, qu'ils peuvent différer beaucoup les uns des autres, par exemple l'eau distillée qui produit la vésiculisation de *Solanum* et de *Bryonia* et non chez d'autres, l'oléate de soude qui produit des hernies chez *Solanum* et non chez d'autres etc. La résistance des grana est diverse : l'oléate de soude les conserve chez *Solanum* et non chez *Lycopersicum*.

L'état granulaire semble acquis par une différenciation évolutive chez beaucoup de plantes supérieures. Il manque chez les Algues. Toutefois chez *Spirogyra*, on peut assister à ce fait curieux : la répartition du pigment peut s'effectuer en globules périphériques au niveau des lobes, le stroma est alors de plus en plus décoloré, on assiste à une sorte de différenciation de grana. La généralité de la structure granulaire est loin d'être établie : acquise dans certains cas, ailleurs la structure est homogène tout en étant souvent proche du seuil de la granulisation, fait qui présente une analogie remarquable avec ce que nous avons constaté chez les chromoplastes des Renoncules. Quand elle existe, cette structure peut n'être pas permanente, mais liée aux conditions de vie. En somme, les deux théories : homogénéité et hétérogénéité, renferment chacune une part de vérité, ce sont deux étapes du point de vue évolutif. Enfin, il est certain que les grana, en augmentant les surfaces en faveur de la photosynthèse, répondent à un progrès.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action de l'aneurine et de ses constituants sur* Mucor Ramannianus *Möll.* Note de MM. **Werner Müller** et **William Henri Schopfer**, présentée M. Marin Molliard.

On connaît un nombre toujours croissant d'organismes hétérotrophes, ou rendus hétérotrophes, nécessitant l'aneurine pour leur développement. Dans le groupe des Mucorinées auxo-hétérotrophes, *Mucor Ramannianus* présente un intérêt particulier. Sa physiologie fait l'objet d'une étude détaillée de l'un de nous (Müller). Présente dans le sol, surtout dans les bois de Conifères, cette espèce est incapable de croître dans un milieu synthétique, mais acquiert en présence d'aneurine un développement aussi bon que sur le meilleur milieu naturel. Comme *Phycomyces*, elle réagit en outre à un facteur MP très thermostable, résistant à un autoclavage de 6 heures à 137°, adsorbable par le noir animal; différent de l'aneurine, ce facteur se trouve dans le germe de blé, dans les polissures de riz, dans l'urine, la levure, l'endosperme de *Pinus Cembra* et divers organes végétaux. Pour *M. Ramannianus*, il est en outre caractérisé par une solubilité marquée dans le chloroforme.

Pour *Phycomyces*, nous avions admis que le facteur MP était représenté par les deux constituants de l'aneurine, pyrimidine et thiazol, qui, ajoutés ensemble au milieu, agissent comme la molécule entière d'aneurine (¹); ces vues ont été confirmées par Sinclair (²). Les caractères du facteur MP, thermostabilité, adsorption par le noir animal sont ceux du mélange pyrimidine-thiazol.

La question se pose de savoir en quoi consiste le facteur MP, pour *M. Ramannianus*. Les expériences ont montré que la 2-méthyl-4-amino-5-amino-méthyl-pyrimidine n'exerce ni action accélérante ni effet toxique, mais que le 4-*méthyl*-5-(β-*oxyéthyl*)-*thiazol seul*, à concentration équimoléculaire, avec l'aneurine, remplace exactement cette dernière comme substance auxogène. Ce thiazol est effectivement très soluble dans le chloroforme, adsorbable par le noir animal, thermostable; on peut donc admettre que c'est lui qui agit dans les extraits chloroformiques d'urine,

---

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1500.
(²) H. M. Sinclair, *Nature* (Londres), **140**, 1937, p. 360.

de germes de blé, de polissures de riz, avec lesquels on peut atteindre des récoltes de 250^{mg}.

Cette action est spécifique; le 4-méthyl-thiazol, le 4.5-diméthyl-thiazol, le 2-mercapto-4-méthyl-thiazol sont incapables d'agir (produits Hoffmann-La Roche).

Conformément au principe d'hétérotrophie fractionnée que nous avons admis comme hypothèse de travail, nous pouvons supposer que l'organisme en question est capable de synthétiser la pyrimidine mais pas le thiazol; l'hétérotrophie serait, à ce point de vue, moins complète que chez *Phycomyces*.

La présence de pyrimidine préformée est attestée par deux expériences; l'extrait de *M. Ramannianus*, développé en présence de thiazol seul, active la culture de *Phycomyces*; il contient le thiazol ajouté et la pyrimidine préformée; d'autre part, en cultivant ensemble *M. Ramannianus el Rhodotorula rubra*, selon la méthode déjà ancienne des cultures mixtes, nous constatons que les deux organismes se développent très bien. Le premier, qui requiert le thiazol, livre au second la pyrimidine préformée, sans laquelle ce dernier ne peut croître; inversement, le second fournit au premier le thiazol préformé; le résultat de cet échange est que chaque organisme aura à sa disposition la paire pyrimidine-thiazol qui lui est indispensable.

Nous supposons que ce *Mucor* hydrolyse la molécule d'aneurine, pour en retirer le thiazol nécessaire (rupture de la liaison $-CH^2-N\langle$). Il faudrait par suite admettre, soit une resynthèse de l'aneurine, soit une utilisation séparée des constituants, indispensables tous les deux.

Une substance voisine de l'aneurine, mais dans laquelle la pyrimidine est remplacée par un autre groupe : le 3.4'.5'-méthyl-imidazol-4-méthyl-5-(β-oxyéthyl)-thiazol (Hoffmann-La Roche) agit comme le thiazol de l'aneurine. Ici encore, on peut supposer que la rupture de cette même liaison conduit à la libération du thiazol.

Un ensemble de faits nous permet donc de dire que le facteur MP, englobant la totalité des substances très thermostables, adsorbables par le noir animal, plus ou moins fortement solubles dans le chloroforme, n'agissant plus sur l'animal en carence de vitamine B_1, est réellement représenté par les constituants de l'aneurine; suivant les organismes et leurs possibilités de synthèse, c'est tantôt l'un, tantôt l'autre, ou les deux à la fois qui fonctionnent comme substance auxogène.

Réserve est faite pour d'autres facteurs qui peuvent encore intervenir.

On a voulu voir dans ce facteur MP une hormone agissant dans tout le règne végétal (levure, Phycomycète, plante supérieure) [J. Dagys ([5])]. La solution de ce problème demandera encore des recherches complémentaires; seuls les résultats obtenus avec des substances chimiquement connues, obtenues par voie de synthèse, peuvent conduire à des certitudes. Les faits que nous venons d'exposer ne parlent pas en faveur des idées de Dagys, tout au moins sous la forme dans laquelle elles sont présentées.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Les propriétés optiques des suspensions bactériennes.* Note ([1]) de M. **P. Bonét-Maury**, présentée par M. Jean Perrin.

L'absorption de la lumière par les suspensions suit la loi de Lord Rayleigh tant que la longueur d'onde de la lumière utilisée reste grande devant les dimensions des particules suspendues. Quand il n'en est plus ainsi (milieux troubles à gros éléments). Cheneveau et Audubert ([2]) ont montré que la longueur d'onde n'intervient plus d'une façon simple, mais la densité optique est toujours proportionnelle à la concentration, c'est-à-dire que l'absorption suit une loi exponentielle. F. Vlès ([3]), étudiant des suspensions de B. typhique, ne trouve pas une telle relation et propose des formules empiriques plus complexes pour représenter les phénomènes. La vérification de ces résultats nous a paru nécessaire pour donner une base solide au titrage optique des suspensions bactériennes, titrage qui présente sur les autres méthodes de numération de très grands avantages au point de vue de la précision, de la simplicité et de la rapidité.

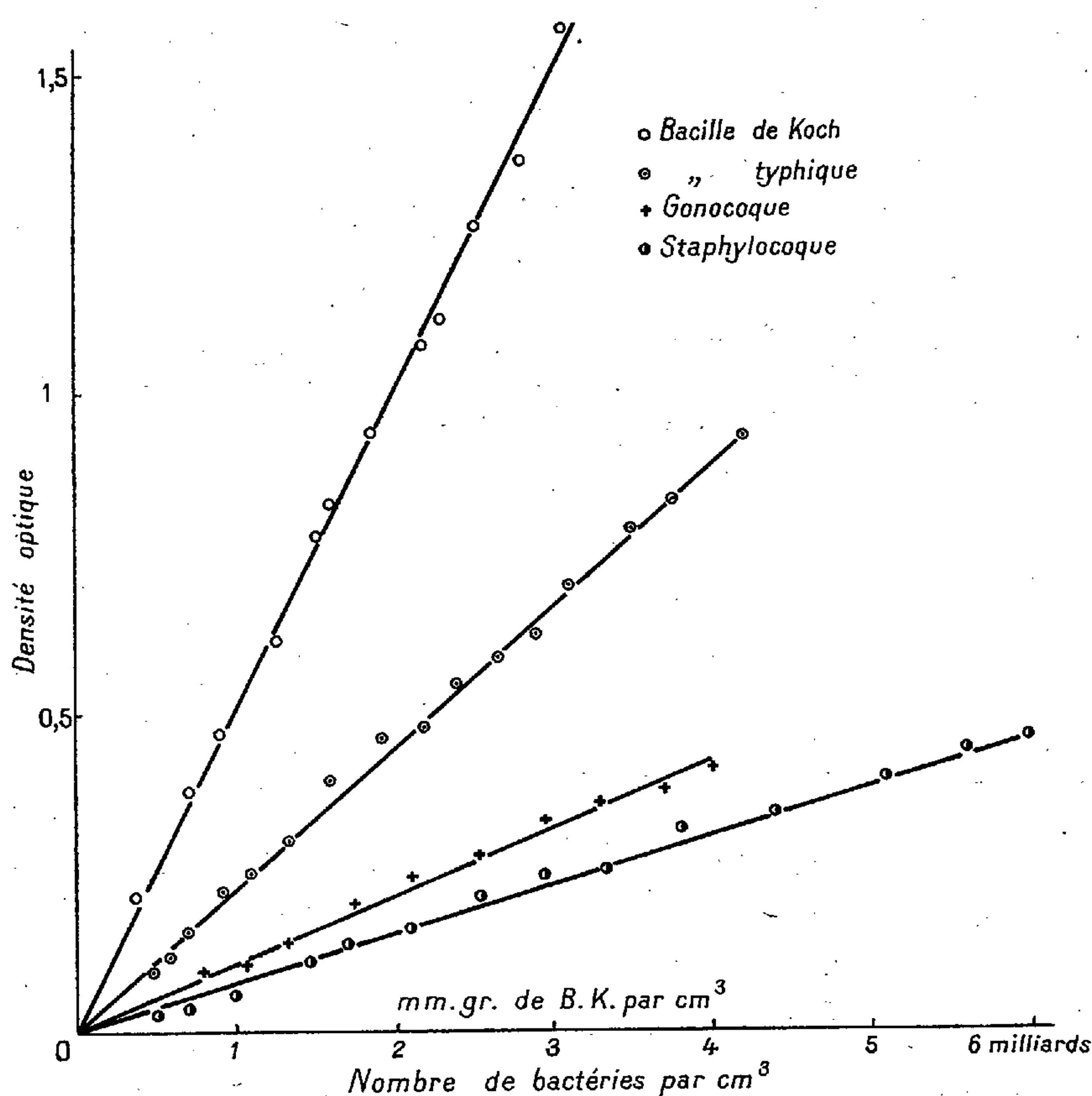
Nous avons utilisé pour la mesure des absorptions lumineuses un spectrophotomètre Jobin et Yvon, et, comme source lumineuse, une lampe à arc de tungstène, filtré par un écran rouge α Wratten donnant une bande assez large entre $0^{\mu},625$ et $0^{\mu},700$. L'erreur absolue sur la densité optique mesurée dans ces conditions est sensiblement constante dans le domaine utilisé (1,50 à 0,10) et voisine de 0,03.

Les dilutions de la suspension bactérienne en expérience sont effectuées directement dans la cuve à face parallèle. Celle-ci de 1^{cm} d'épaisseur

([5]) *Protoplasma*, 28, 1937, p. 205.

([1]) Séance du 11 octobre 1937.
([2]) *Annales de Physique*, 13, 1920, p. 134.
([3]) *Archives de Physique biologique*, 1, n° 6, p. 190.

contient 3^{cm^3}, mais il suffit de 1^{cm^3} de suspension pour intercepter tout le pinceau lumineux incident. L'addition de quelques gouttes d'eau dans la cuve et la pesée de celle-ci permettent de faire varier avec précision la



concentration bactérienne et d'obtenir des points aussi rapprochés qu'il est nécessaire.

Nous avons déterminé par cette méthode la relation entre la densité optique $\left(\text{cologarithme de } \frac{I}{I_0}\right)$ et la concentration bactérienne (nombre de bactéries par cm^3) pour des suspensions dans l'eau distillée ou dans le sérum physiologique du bacille typhique (¹), du gonocoque, du staphylocoque et du bacille de Koch. Les 3 premières suspensions étant constituées par des vaccins de l'Institut Pasteur, des numérations sommaires nous ont

(¹) Mélange de bacille typhique, de para A et para B.

montré que les titres donnés étaient acceptables. Dans le cas du B.K. nous avons adopté pour la concentration le nombre par cm^3 de mgr. de culture fraîche essorée suivant la technique de Calmette. Les résultats obtenus avec ces diverses suspensions sont résumés dans la figure ci-contre.

Il est clair que les points expérimentaux se placent sur des droites avec une excellente précision, et il est hors de doute que la *densité optique varie dans tous les cas étudiés proportionnellement à la concentration bactérienne*. Les suspensions microbiennes se conduisent donc exactement comme les milieux troubles à gros éléments examinés par Cheneveau et Audubert et, pour une longueur d'onde donnée, suivent une loi d'absorption exponentielle de la forme

$$\frac{I}{I_0} = 1 - e^{-\frac{B}{M\beta}}.$$

C'est là un résultat extrêmement important pour le titrage optique, l'étalonnage se trouvant facile à déterminer et à vérifier pour chaque espèce microbienne.

Des expériences avec des suspensions de B. K., faites en lumière blanche et avec des filtres jaune, vert et bleu, nous ont donné les mêmes résultats.

Le coefficient angulaire des droites observées devrait être une caractéristique de l'espèce envisagée, mais il est vraisemblable qu'il présente des variations autour d'une valeur moyenne suivant la taille des individus, c'est-à-dire suivant l'âge et les conditions de culture. En outre nous avons constaté, dans le cas du Bacille de Koch, que le vieillissement des suspensions, même formolées, provoquait des variations de ce coefficient, sans doute par suite de phénomènes d'agglutination. Une étude plus approfondie de ces différentes variations est nécessaire avant de pouvoir attribuer à chaque espèce, pour une lumière donnée, un coefficient angulaire caractéristique. Nous avons entrepris cette étude dans le cas du bacille de Koch.

BIORADIOACTIVITÉ. — *Émission d'un rayonnement ionisant par les cendres totales des végétaux.* Note de M. **F. Artigas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Tommasina, puis Nodon ont annoncé l'émission par les êtres vivants d'un rayonnement ionisant que M. P. Becquerel et D. Berthelot, sans

se refuser à croire à son existence, ont mis en doute qu'il ait été décelé (1).

Nous avons recherché dans quelle mesure, selon la conception de M. P. Becquerel, le potassium intervient dans cette émission par son rayonnement β, sans oublier une émission possible par le rubidium et le radium, que les êtres vivants absorbent normalement à l'état de traces. Cette interprétation permet, en opérant d'abord sur les cendres, ensuite sur la matière sèche où les éléments actifs sont concentrés, de préciser l'intensité du phénomène avant l'examen des tissus vivants.

Dans cette Note nous résumons les seuls résultats obtenus sur des cendres totales de végétaux avec un électromètre Pohl dont la chambre d'ionisation est maintenue fermée par un écran de cellophane ($e = 20^{\mu s}$).

Cet appareil nous a permis de détecter le faible rayonnement β émis par $0^g,28$ de potassium à l'état de perchlorate sur une surface de 20^{cm^2}. L'intérêt de ce résultat apparaît dans le tableau suivant :

Date.	Auteur.	Électromètre.	Sel utilisé.	Surface d'étalement.	Quantité minimum de potassium décelé.
				cm²	g
1912.......	E. Henriot	Wilson	SO^4K^2	1000	16
1922.......	L. Petri	Wilson	SO^4K^2	65	9
1924.......	G. Guiben	à feuille d'or	SO^4K^2	144	2
1923.......	G. Hoffmann	Hoffmann	KCl	250	0,13 à 0,9
1930.......	A. Mickwitz	à fil	-	314	0,63
	Nous-même	Pohl	ClO^4K	20	0,28

1° Nous avons réussi à déceler l'activité des cendres totales de tabac (2 échantillons), vigne vierge, aucuba, en feuilles. Cette activité est certaine, bien que L. Petri et A. Vaccari n'aient pu l'observer sur les cendres de diverses graines (2). Une étude quantitative a pu être réalisée, l'intensité du courant d'ionisation I_p créé par une couche de substance active d'épaisseur p g/cm² étant déterminée par l'expression $I_p = n/t' - n/t$ dans laquelle t représente le temps mis par le fil de l'électromètre pour

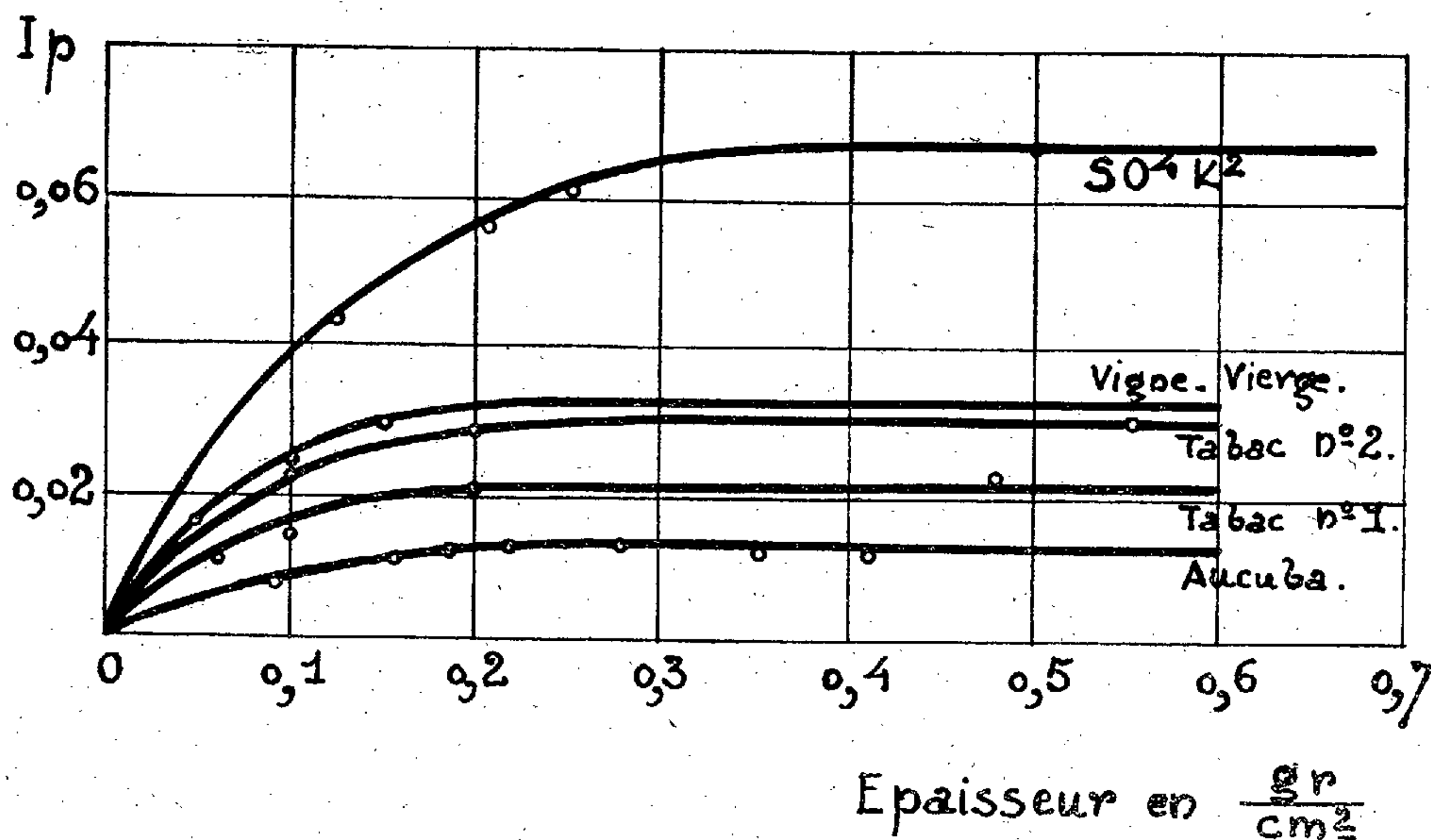
(1) Th. Tommasina, *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 730; A. Nodon, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 487 et 1101; P. Becquerel, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 795; D. Berthelot, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 487.

(2) L. Petri, *Rendi Lincei*, 5e série, 31, 1922, p. 50; A. Vaccari, *Archiv di Fisiologia*, 30, 1932, p. 350.

parcourir n divisions de l'échelle de lecture à vide et t' ce temps en présence de la substance ionisante.

2° Nous avons étudié comparativement l'influence de l'épaisseur des cendres et du sulfate de potassium jusqu'à la saturation.

Les courbes relatives au tabac et à l'aucuba correspondent à une surface



d'étalement de 36^{cm^2}; pour SO^4K^2 et la vigne vierge, cette surface est de 40^{cm^2}. En ce qui concerne la vigne vierge, comme la quantité de cendres était insuffisante pour atteindre la saturation, nous avons prolongé le début de la courbe par analogie avec celles des autres cendres. Les résultats ci-après justifient cette extrapolation.

3° *Loi de surface.* — Effectivement nous avons atteint la saturation avec les cendres de vigne vierge sur 20 et 25^{cm^2}. La comparaison des courbes obtenues avec ces cendres nous a permis de contrôler que : *les intensités du courant d'ionisation correspondant à des couches d'égale épaisseur sont proportionnelles à la surface d'étalement.*

4° L'intensité de saturation I_∞ est proportionnelle à la teneur pour 100 des cendres en potassium. On s'en rend compte par l'examen de la 5° colonne du tableau suivant dans lequel à côté des valeurs de I_∞ rapportées à la surface de 36^{cm^2} (pour SO^4K^2 et vigne vierge par la loi de surface), nous indiquons les teneurs K pour 100 des cendres en potassium

déterminées par la méthode au perchlorate ([3]) et aussi les valeurs du coefficient massique d'absorption du rayonnement des substances actives par elles-mêmes $\lambda/\rho = (1/p) \operatorname{Log} I_\infty/(I_\infty - I_p)$.

Substance active.	I_∞.	K %.	$\frac{\lambda}{\rho}$.	$\frac{I_\infty \times 10^3}{K\ \%}$.	$A = \frac{I_\infty}{\alpha}\frac{\lambda}{\rho}$.
SO^4K^2	0,0594	44,87	9,92	1,32	1,3
Tabac n° 2	0,0300	24,66	13,35	1,22	1,6
Vigne vierge	0,0288	23,52	14,36	1,22	1,7
Tabac n° 1	0,0218	17,24	13	1,26	1,6
Aucuba	0,0130	10,14	11,77	1,28	1,5

Dans la dernière colonne du tableau nous indiquons les valeurs de la constante A qui, d'après N. R. Campbell ([4]), définit l'intensité du rayonnement émis par 1^g de potassium en l'absence de toute absorption, α représentant la quantité de cet élément contenu dans 1^g de substance active.

5° Le rayonnement est entièrement localisé dans l'extrait sec de la partie soluble des cendres, qui contient tout le potassium. La fraction insoluble (radium) n'a manifesté aucune activité.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Du rôle de la peau proprement dite et du tissu sous-cutané dans l'évolution des tumeurs malignes.* Note de MM. **Alexandre Besredka** et **Ludwik Gross**, présentée par M. Antonin Gosset.

Les tumeurs malignes, par définition, ne se résorbent pas. Cependant, pour des raisons qui nous échappent, on assiste quelquefois à leur résorption spontanée; en ces cas, l'animal devient presque toujours réfractaire à la réinoculation de cette même tumeur. Ce fait a été observé par différents expérimentateurs; nous l'avons également constaté bien des fois.

Ce que nous visons principalement, c'est une résorption spontanée qui ne serait pas fortuite, mais provoquée à volonté. Pour la réaliser, nous nous sommes jusqu'ici inspirés des recherches sur le charbon qui firent ressortir l'importance de la porte d'entrée de l'infection, et de la voie cutanée en particulier. Rappelons que nos études sur le sarcome de la souris et, mieux encore, celles relatives à l'épithélioma du lapin, confirmèrent effectivement, en ce qui concerne le rôle de la peau, l'analogie entre ces tumeurs

([3]) G. Bertrand, *Ann. Sc. Agron.*, 46, 1929, p. 1.
([4]) *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, 14, 1908, p. 557.

et l'infection charbonneuse. Afin de nous assurer que cette analogie n'est pas due au hasard, nous nous sommes adressés à une troisième tumeur maligne, le sarcome de la poule (Rous).

La souche que nous avons employée provoquait les tumeurs aussi bien sous la peau que dans la peau. Sur 200 poules inoculées, dans différentes expériences, avec des émulsions de concentrations diverses, 172 ont contracté des tumeurs dès la première inoculation. Sur les 28 poules qui n'ont pas réagi la première fois, la dose étant probablement insuffisante, 27 ont montré des tumeurs caractéristiques quelque temps après, lorsqu'on procéda à leur réinoculation.

Notre tumeur a conservé sa virulence pendant toute la durée de nos expériences; à aucun moment la question d'animaux naturellement réfractaires ne s'était posée à nous.

Deux points étaient à élucider : le premier était relatif à la réceptivité de la peau, comparée à celle du tissu sous-cutané; le second concernait l'évolution de la tumeur, suivant qu'elle siégeait sous la peau ou dans la peau.

Le premier de ces problèmes, qui semblait de prime abord facile à résoudre, nécessita, en réalité, un grand nombre de dosages, en raison de la consistance des émulsions; aussi fallait-il multiplier les expériences pour se faire une idée exacte de la réceptivité comparative de la peau et du tissu sous-cutané. Comme nous l'avons déjà signalé ailleurs, aucune différence appréciable ne pouvait être saisie entre les deux modes d'inoculation lors de doses massives d'émulsion, tous les deux aboutissant, tôt ou tard, à un gros sarcome mortel.

Il en était différemment, dès qu'on s'adressait à des émulsions fortement diluées. En voici un exemple :

Le 12 janvier 1937, des émulsions diluées (1 à 10 pour 100) sont injectées, à la dose de $0^{cm^3},10$ à quatre poules dans la peau et à quatre autres poules sous la peau. Sur les quatre poules injectées dans la peau, une seule n'a pas réagi; les trois autres ont montré des tumeurs intracutanées. Sur les quatre poules injectées sous la peau, une seule, au contraire, a réagi; les trois autres sont restées indemnes.

Il résulte de cette expérience, ainsi que d'autres semblables, que la poule est plus réceptive à l'inoculation du sarcome dans la peau que sous la peau.

Le second point qui nous intéressait était si la tumeur intracutanée évoluait autrement que la tumeur sous-cutanée. Voici ce que nous apprirent

les expériences à cet égard : le sarcome sous-cutané de la poule, dès qu'il apparaît, augmente rapidement de volume et, sauf des cas exceptionnels (une poule sur 60 dans nos expériences), il est toujours mortel au bout de 3 à 4 semaines.

Le sarcome intracutané évolue, par contre, lentement; il peut rester stationnaire pendant des mois; fait important, dans une notable proportion de cas (37 sur 74 poules), soit dans 50 pour 100 des cas environ, la tumeur intracutanée se résorbe en donnant lieu dans la suite à une immunité extrêmement solide.

Nous nous trouvons donc, à propos du sarcome de la poule, en présence du même phénomène, en apparence paradoxal, que jadis nous rencontrâmes dans le cas de charbon, c'est-à-dire en présence d'une grande sensibilité de la peau à l'égard de la tumeur et en même temps de sa capacité relativement grande de résorber cette tumeur. Rappelons que, à l'égard de la bactéridie, la peau du cobaye est trois-quatre fois plus vulnérable que le tissu sous-cutané, et c'est la peau qui est, en même temps, par excellence, l'organe capable de résorber la bactéridie et de conférer à l'animal l'immunité anticharbonneuse.

En résumé : dans le sarcome de la poule, comme dans le sarcome de la souris et comme dans l'épithélioma du lapin, c'est en extériorisant la tumeur, en la localisant dans la peau, que l'on réalise la condition la plus propice à sa résorption provoquée et, subsidiairement, à la création de l'immunité antinéoplasique. Il y a tout lieu de supposer que c'est là un phénomène d'ordre général, auquel obéissent d'autres tumeurs malignes.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

E. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 26 OCTOBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Toussaint la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 novembre au lieu du lundi 1er.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie vient de perdre un de ses plus éminents associés étrangers en la personne de **Lord Rutherford of Nelson**, mort à Cambridge, le 19 Octobre, à l'âge de 66 ans.

Ernest Rutherford est né le 30 août 1871 en Nouvelle-Zélande. Il fréquente tout d'abord l'école primaire de Brightwater, son village natal, puis l'école secondaire toute proche de Nelson. Débarqué en Angleterre, il étudie au Trinity College de Cambridge, sous la direction de Sir Joseph John Thomson, et cette initiation décide de sa carrière.

Dès 1896, il est associé aux belles recherches de Thomson sur le passage de l'électricité dans les gaz et il publie en collaboration avec son maître un travail sur la décharge des corps électrisés par les rayons de Röntgen. L'année suivante, il fait connaître un ingénieux détecteur des courants électriques, basé sur l'effet des courants oscillatoires sur une aiguille fortement magnétique. Pendant les trois années suivantes, il donne des mémoires sur la mobilité des ions gazeux, sur les variations de leur vitesse en fonction de la pression, sur le courant de saturation dans l'hydrogène et l'anhydride carbonique.

C'est à ce moment que le vaste domaine de la radioactivité est ouvert

aux chercheurs par Henri Becquerel et Pierre Curie. Initié aux techniques nouvelles, Rutherford aborde au point de vue quantitatif l'étude de certains rayonnements émis par les corps radioactifs, et il donne une série de mesures sur l'absorption de ces rayonnements par la matière.

Presque toutes ces recherches ont été réalisées à la Mac Gill University de Montréal, où Rutherford occupe la chaire de Physique depuis 1898. Il les poursuit à Manchester, où il est appelé, en 1907, à la chaire Longworthy de Physique à l'Université, jusqu'à ce qu'il revienne à Cambridge, où il succède à Maxwell, à lord Rayleigh et à son maître Sir J. J. Thomson dans le laboratoire Cavendish de cette grande Université.

Les travaux de Becquerel et des Curie avait démontré l'existence de substances émettant en permanence une radiation capable d'influencer une plaque photographique et d'ioniser les gaz traversés. On savait aussi que la propriété radioactive peut être transférée d'une substance à une autre. Rutherford reprend l'expérience sur la dissociation des sels d'uranium et la récupération de l'activité par le résidu après séparation de l'uranium X. Il obtient un thorium X qui, très actif au moment de la précipitation, devient inactif un mois plus tard, alors que le thorium résiduel a recouvré son activité. Il conclut que le corps radioactif donne, à un taux constant, une émanation qui décroît suivant une loi exponentielle. Pour expliquer ce fait, Rutherford émet l'hypothèse suivante : il y a *transmutation des éléments;* la radioactivité n'est qu'une conséquence de la brisure de l'atome. Dans la forme la plus violente, l'atome radioactif se sépare en deux parties : l'une constituée par un atome d'hélium, l'autre par un nouvel atome que Rutherford appelle « l'émanation ». L'atome-émanation explose à son tour, après une vie moyenne d'une durée de trois à quatre jours.

La théorie de la désintégration atomique est vérifiée avec le même succès pour d'autres corps radioactifs. La vie moyenne des éléments produits varie d'une fraction de seconde à plusieurs millions d'années. La constance de ces variations, leur insensibilité totale aux agents physiques sont telles qu'elles pourraient servir d'étalons absolus pour la mesure du temps, tandis que leur étude permet des vues prophétiques sur le passé et sur l'avenir des mondes.

Une seconde hypothèse est développée par Rutherford dans sa chaire de Manchester. Il considère l'atome comme un système solaire constitué par un noyau positif central, contenant pratiquement toute la masse sous un faible volume, et par des électrons négatifs circulant autour du noyau,

comme les planètes autour du Soleil. Les réactions chimiques ordinaires n'atteignent que la périphérie de l'atome et elles ne peuvent nous renseigner sur les propriétés du noyau. Il faut pour l'atteindre des éléments d'une masse comparable à la sienne et doués d'une vitesse comparable à celle de la lumière. Rutherford utilise dans ce but les particules α dont il a approfondi l'étude. La plupart d'entre elles traversent l'atome sans heurt; mais celles qui rencontrent le noyau rebondissent et changent totalement de direction. L'atome lui-même est désintégré par le choc et manifeste des propriétés toutes nouvelles.

Avec ses élèves, Rutherford étudie le passage des particules α à travers l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. La discussion des résultats le conduit à décomposer le noyau de l'azote, de l'hélium et de nombreux corps en des éléments constituants dont le nombre peut être chiffré. Ainsi le noyau de l'atome d'azote serait formé de trois noyaux d'hélium, deux protons et un électron. La composition du noyau d'hélium en protons et en électrons étant déterminée d'autre part, le noyau de l'atome d'azote serait formé de quatorze protons et de sept électrons.

Rappelons qu'en 1919 Rutherford réussit, pour la première fois, à modifier un noyau atomique et à provoquer son explosion, en soumettant à l'action de particules α du radium des noyaux d'azote qui émettent des protons à la suite de ce bombardement. C'est là une date importante dans l'histoire de la Science : la physicochimie des transmutations de la matière était créée.

On sait quels merveilleux développements ont été donnés à ces études et quelles espérances elles autorisent dans tous les domaines de la connaissance.

Rutherford ne fut pas seulement un merveilleux expérimentateur, mais aussi un magnifique esprit et la hardiesse de ses vues égale leur originalité.

Un de ses biographes compare sa carrière à celle de Faraday. Comme Faraday, Rutherford est surtout et avant tout un expérimentateur et il fait un usage très limité des mathématiques dans ses travaux et dans ses explications; c'est au contrôle du laboratoire qu'il demande la confirmation de ses déductions. Tandis que Faraday déteste le monde et aime travailler seul, Rutherford vit au milieu de ses élèves, suscitant et partageant leur enthousiasme. Se rendant compte de l'insuffisance de sa formation mathématique, il recherche les jeunes mathématiciens et discute avec eux la généralisation de ses conclusions. Déjà Maxwell avait rendu un pareil service à Faraday.

Tous les honneurs furent décernés à Rutherford : chevalier en 1914, il était créé, en 1931, baron de Nelson. Aux distinctions accordées par les Sociétés savantes, s'ajoutait en 1918 le prix Nobel de Chimie. Président de la Société Royale de 1925 à 1930, il succédait en 1927 à Sir J. J. Thomson dans la chaire de Philosophie naturelle de la Royal Institution.

Lord Rutherford était Correspondant de notre Académie depuis 1921. Il avait été nommé Associé étranger en 1927.

C'est un grand et illustre savant qui disparaît. Nous saluons et nous honorons sa mémoire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction de l'équation générale de Riccati.* Note de M. **Jules Drach.**

1. On sait les travaux classiques sur l'intégration *algébrique* de l'équation linéaire du second ordre (Jordan, Gordan, Schwarz, Fuchs, Halphen, Klein, etc), amenés à leur période par Klein (1). Cependant certains des résultats sont relatifs au domaine *absolu* des fonctions rationnelles de la variable et supposent l'équation *régulière* au sens de Fuchs. On donne ici un exposé nouveau, *direct*, valable pour un *domaine de rationalité* [Δ], formé de fonctions *bien définies* [déterminées par un système d'équations (et d'inégalités) rationnelles par rapport à tous les éléments et *irréductible*, qui permet *sans ambiguïté* le calcul rationnel et la dérivation], exposé que la théorie de M. Émile Picard, convenablement étendue, fait pressentir.

2. Une transformation linéaire de la fonction amène, *sans quitter* [Δ], l'équation étudiée (A) à la forme réduite $du/dx + u^2 = q(x)$. Elle vient de l'équation (B) linéaire $y'' = qy$ avec $u = y' : y$ ($y' = dy/dx, \ldots$).

D'autre part, si l'on pose $y_1 : y_2 = \eta$, y_1 et y_2 formant un système fondamental pour (B), η satisfait à l'équation du troisième ordre

$$\text{(C)} \qquad [\eta, x] = -2q(x), \qquad \text{où} \qquad [\eta, x] = \frac{y'''}{y'} - \frac{3}{2}\left(\frac{y''}{y'}\right)^2$$

est l'*invariant projectif* de Cayley-Schwarz, qui ne change pas par une transformation projective à coefficients constants sur η. On peut prendre $y_2 = 1 : \sqrt{\eta'}$, $y_1 = \eta : \sqrt{\eta'}$ et l'expression générale de u est $u = \eta'/(\eta - c) - \eta''/2\eta'$, où c est la constante d'intégration.

(1) F. Klein, *Math. Annalen,* **11**, 1877; **12**, 1878, et *Ges. Math. Abh.*, **2**, 1922, p. 302 et 307.

L'équation (A) garde *sa forme* par *deux transformations distinctes* (formant *groupe*). La première, $S_{t,x}$ comporte un changement de variable $t=\theta(x)$ et de fonction $v=w\theta'-\theta''/2\theta'$, conduit de $dw/dt+w^2=R(t)$ à $dv/dx+v^2=r(x)$ avec $r(x)=R(\theta)\theta'^2-1/2[\theta, x]$.

La même équation se déduit de (A), en posant $u=\lambda-\varkappa/(v-\mu)$, pourvu que $\varkappa=\mu'+\mu^2-r(x)=\lambda'+\lambda^2-q(x)$ avec $\lambda+\mu=-\varkappa'/2\varkappa$; cette transformation T est donc *projective* en u. Si $\theta(x)$ [ou $\lambda(x)$] appartient au domaine [Δ], il en est de même de $r(x)$. La relation entre θ et λ résulte de l'égalité des valeurs de $r(x)$. On a sans difficulté les conditions de conservation d'une équation (groupe *semblable* au groupe projectif). Des transformations correspondantes valent pour l'équation linéaire (B).

3. *Réduction.* — Si l'équation (A) n'a pas de solution u algébrique dans [Δ], elle est dite *générale dans* [Δ]. Si elle a une solution et une seule R algébrique dans [Δ], R appartient à [Δ] et $q(x)=R'+R^2$. Il faudra reconnaître si $q(x)$ peut être écrit ainsi, R étant déterminé. L'intégration complète de (A) exige les deux quadratures qui donnent η' et η à partir de $-\eta''=2\eta'R$; d'où de nouvelles réductions possibles. Si l'équation (A) admet deux solutions algébriques dans [Δ] et deux seulement, on peut les écrire $\alpha\pm\sqrt{\delta}$ et l'on trouve, avec $\alpha=-\delta':4\delta$,

$$q(x)=-\frac{\delta''}{4\delta}+\frac{5}{16}\frac{\delta'^2}{\delta^2}+4\delta;$$

on devra voir si $q(x)$ s'écrit ainsi, δ appartenant à [Δ]. L'intégration de [A] dépend alors de l'équation $\sigma'=\sigma\sqrt{\delta}$, qui peut présenter des réductions. Le cas où δ est le carré d'une fonction de [Δ], donne en général deux solutions rationnelles et deux seulement; la détermination de σ peut se simplifier. S'il y a plus de deux solutions rationnelles, la solution générale l'est aussi, puisque le rapport anharmonique de quatre solutions est constant.

4. Si l'équation (A) admet une solution algébrique dans [Δ], donnée par une équation *irréductible* dont l'ordre dépasse 2, la solution générale est algébrique dans [Δ]. Painlevé a montré qu'alors les solutions générales de (A), (B), (C) s'expriment algébriquement les unes par les autres; cela résulte ici de l'expression $u=\eta'/(\eta-c)-\eta''/2\eta'$.

Soit $\Phi(u)=u^n+(n/1)a_1u^{n-1}+\ldots=0$, l'équation *de degré minimum*, dont les coefficients appartiennent à [Δ], vérifiée par une solution u de (A). Si l'on pose $X(f)=\partial f/\partial x+\partial f/\partial u.(q-u^2)$, on trouve $X(\Phi)=n(a_1-u)\Phi$, identité que nous dérivons par rapport à u. Si, cette fois, les accents désignent les dérivées en u, on obtient avec $H=n\Phi\Phi''-(n-1)\Phi'^2$,

l'identité $X(H) = 2[na_1 - (n-2)u]H$; H est, en coordonnées non homogènes, le Hessien de la forme $u_2^n\Phi(u_1/u_2)$; il est du degré $2(n-2)$.

Le Jacobien Ω des formes correspondant à Φ et H, de degré $3(n-2)$, donne de même, avec $\Omega = n\Phi H' - 2(n-2)H\Phi'$, $X(\Omega) = 3[na_1 - (n-2)u]\Omega$. On en conclut que $\Omega^2 : H^3 = \Gamma$, où Γ est la constante, est l'*intégrale générale* de [A], rationnelle dans [Δ] et irréductible pour Γ quelconque.

Si l'on continue en formant le Jacobien Ω_1 de Φ et Ω, cette fonction Ω_1 de degré $4(n-2)$, qui s'écrit $\Omega_1 = n\Phi\Omega' - 3(n-2)\Omega\Phi'$, donne

$$X(\Omega_1) = 4[na_1 - (n-2)u]\Omega_1;$$

le quotient $\Omega_1 : H^2$ est une *constante absolue a*, qu'on détermine en observant que dans $\Omega_1 - aH^2 = 0$, Φ' est premier avec Φ, d'où $a = 6(n-2)^2 : (n-1)$. Il se trouve que $\Omega_1 - aH^2$ est divisible par Φ^2; après suppression de ce facteur, on a l'identité

$$\Sigma(\Phi) = n(n-1)\Phi\Phi^{\text{IV}} - 4(n-1)(n-3)\Phi'\Phi''' + 3(n-2)(n-3)\Phi''^2 = 0.$$

$\Sigma(\Phi)$ est le quatrième *rejet* (Ueberschiebung) de Φ avec elle-même.

Soit α la valeur de Γ, pour laquelle $\Omega^2 - \alpha H^3$ admet le facteur Φ; on trouve $\alpha = -4(n-2)^2 : (n-1)$ et $\Omega^2 - \alpha H^3$ est divisible par Φ^3.

Le *facteur de Darboux* [qui comprend à l'ordre $(m-1)$ les facteurs multiples d'ordre m du faisceau $\Omega^2 - \Gamma H^3$], se réduit ici à $\Omega H^2 \Theta$ avec $\Theta = 2H\Omega' - 3\Omega H'$. Le calcul de Θ, compte tenu des valeurs de Ω et H, donne $-(n/3)\Theta\Phi = \Omega^2 - \alpha H^3$. Si l'on dérive en u, on parvient à

$$\Phi\Theta' = \left(5 - \frac{12}{n}\right)\Theta\Phi',$$

d'où il suit que $5 - 12/n$ *est un entier* $(k-1)$ et que $\Theta = \Phi^{k-1} \times \text{const.}$; d'où une *identité* (I) : $\Omega^2 = \alpha H^3 + \beta\Phi^k$, $\beta = \text{const.}$, invariant de Φ (²).

L'équation $6 - k = 12 : n$ exige que n (supérieur à 2) soit 3, 4, 6 ou 12. La valeur 3 est à écarter; H serait de degré 2 en u, inférieur à celui de Φ. Pour $n = 4$, H est de degré 4; l'intégrale $\Omega^2 : H^3 = \Gamma$ n'est pas irréductible et l'identité (I) montre que $\Phi/H = \text{const.}$ est l'intégrale irréductible de (A). Dans tous les cas $\Phi^k : H^3 = (\Gamma - \alpha) : \beta$ est une autre forme de l'intégrale générale; donc $kn(a_1 - u) = 6[na_1 - (n-2)u]$ et comme $k \neq 6$, $a_1 = 0$.

5. La recherche directe de Φ, des degrés 4, 6, 12 (où $a_1 = 0$) qui vérifient

---

(²) Ceci est une illustration, pour *trois* valeurs remarquables de Γ, d'une théorie plus générale (cf. *Proceedings of the Fifth Int. Congress*, Cambridge, I, 1912, p. 482).

à la fois : $X(\Phi) = -nu\Phi$ et $\Sigma(\Phi) = 0$ conduit aisément pour $q(x)$ à l'équation unique : $q'' = 6aq^2$, où $(n-1)a = (n-2)^2$, qui s'intègre avec la fonction $\wp(x)$ de Weierstrass, pour laquelle $g_2 = 0$; on a : $q = a^{-1}\wp(x)$. La détermination des Φ en résulte; leurs coefficients dépendent de p et p'. Le changement de variable $x = \lambda\xi$ et la transformation $S_{x\xi}$ remplacent (A) par une équation de même forme, où g_3 est remplacé par $g_3 : \lambda^3$; nous prendrons $g_3 = 4$. Les réduites (A) et les formes Φ appartiennent au domaine [A] défini par $\wp(x)$; on passe au domaine *absolu* en posant $\xi = \wp(x)$ et faisant la transformation $S_{x,\xi}$; la réduite (A) est alors

$$\frac{dv}{dt} + v^2 = r(\xi) = \frac{\xi}{16}\frac{(C_0\xi^3 - 4C_1)}{(\xi^3 - 1)^2}, \qquad \text{où } C_0 = \frac{4}{a} - 3,\ C_1 = \frac{1}{a} + 6.$$

Enfin une transformation involutive entre ξ^3 et t, $\xi^3 = -t : (1 - 2t)$ accompagnée de $S_{\xi,t}$, donne la réduite $dw/dt + w^2 = Q(t)$, où l'on a

$$Q(t) = \frac{1}{4}\left[\frac{1-\lambda^2}{t^2} + \frac{1-\nu^2}{(1-t)^2} - \frac{\lambda^2 - \mu^2 + \nu^2 - 1}{t(1-t)}\right];\ \lambda = \frac{1}{3},\ \nu = \frac{1}{2},\ \mu = \frac{n}{6(n-2)} = \frac{1}{k}.$$

Cette dernière réduite est celle que l'on déduit de l'équation hypergéométrique de Gauss, pour les cas (Schwarz) d'une *division régulière de la sphère* : tétraèdre, $n = 4$; octaèdre, $n = 6$; icosaèdre, $n = 12$. La transformation $S_{x,t}$ donne les formes Φ en t.

6. Prenons dans (A), η comme variable au lieu de x, $S_{x,\eta}$ donne $u = \eta' w - \eta''/2\eta$, et $dw/d\eta + w^2 = 0$, d'où $w = 1/(\eta - c)$. Les expressions η' et $\eta''/2\eta'$ sont aussi fonctions de η; on observe que remplacer dans u η par $\eta_i = \alpha + \beta/(\eta - \gamma)$ équivaut à y remplacer c par $c_i = \alpha + \beta/(c - \gamma)$.

Formons $\Phi = \pi(u - u_i) = M(x).[\pi(c - c_i)]/(\eta - c)^n$, et soit $\pi(c - c_i) = \varphi(c)$.

Les opérations qui ont conduit de φ à H et à Ω, mènent ici en regardant u comme fonction de c, du polynome $\varphi(c)$, *à coefficients constants*, à $h(c)$ et à $\omega(c)$; on a $\omega^2 = \alpha h^3 + \beta\varphi^k$. *Cela subsiste quand on met w, ou η, à la place de c*; les transformations de η, correspondant à celles de u, sont les mêmes que celles de c. L'invariant absolu $\omega^2(\eta) : h^3(\eta)$ est ici algébrique dans le domaine [Δ]; donc il est rationnel dans [Δ] et η *est défini par* $\omega^2(\eta) : h^3(\eta) = R(x)$, où $R(x)$ *est quelconque dans* [Δ]. Prenons au lieu de x, la *variable canonique* t donnée par $\omega^2(\eta) = \alpha t h^3(\eta)$, on obtient aisément, tenu compte de l'identité entre ω, h, φ et de θ,

$$\frac{d\eta}{dt} = \eta' = K\varphi^{\frac{2}{n}} t^{-\frac{1}{2}} (t-1)^{-\frac{5}{6}} \qquad \text{(K constant)},$$

d'où l'on déduit, en passant, le *facteur primaire* de Fuchs

$$\varphi : \eta'^{\frac{n}{2}} = K^{-\frac{n}{2}} t^{\frac{n}{4}} (t-1)^{\frac{5n}{12}},$$

c'est-à-dire $y_2^n \varphi(y_1/y_2)$ pour les trois cas. Le calcul de $[\eta, t]$ donne alors $[\eta, t] = -2Q(t)$ avec l'expression de $Q(t)$ trouvée plus haut.

Ainsi, *pour obtenir les Φ dans un domaine* [Δ], *il suffit de faire dans ceux qui correspondent à la variable canonique t*, que l'on a trouvés directement, *la transformation* $S_{t,x}$, où $t = R(x)$, $R(x)$ *étant quelconque dans* [Δ].

Avec les Φ, on obtient aussi H et Ω, c'est-à-dire toutes les équations irréductibles dont les racines satisfont à une équation réduite de Riccati dans un domaine [Δ], *anharmoniques* de L. Autonne (³), et covariants de Φ (Darboux), ainsi que l'intégrale de (A) rationnelle dans [Δ].

M. **Charles Maurain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Étude pratique des rayonnements solaire, atmosphérique et terrestre* (*méthodes et résultats*).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Bureau Hydrographique International. *Carte générale bathymétrique des Océans*, feuille B, *Océan Atlantique Nord*, 3ᵉ édition.

2° Mag. W. Petersen. *Lepidopteren-Fauna von Estland* (*Eesti*). Parties I et II.

ALGÈBRE. — *Propriétés algébriques des relations d'équivalence*. Note (¹) de M. **Paul Dubreil** et de Mᵐᵉ **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Considérons l'ensemble des relations d'équivalence (²) d'un ensemble abstrait $E = \{u, v, \dots\}$. Nous exprimerons que deux éléments u, v de E

(³) *Journal de Math.*, 5ᵉ série, 6, 1900, p. 157.

(¹) Séance du 11 octobre 1937.

(²) Pour la définition des relations d'équivalence nous renvoyons à B. L. van der Waerden, *Moderne Algebra*, 1, 2ᵉ édition, p. 12.

sont équivalents par rapport à une de ces relations $\mathcal{R}$ par la notation

$$u \equiv v(\mathcal{R}).$$

Nous dirons qu'une relation d'équivalence $\mathcal{A}$ est *consécutive* à une relation d'équivalence $\mathcal{B}$ si $u \equiv v(\mathcal{A})$ entraîne $u \equiv v(\mathcal{B})$; nous écrirons alors $\mathcal{A} \leqq \mathcal{B}$. En particulier, l'égalité $\mathcal{R}_0$ est consécutive à toute relation d'équivalence $\mathcal{R}$ de E, et toute relation d'équivalence $\mathcal{R}$ est consécutive à l' « équivalence absolue » $\mathcal{R}^0$ dans laquelle deux éléments quelconques de E sont regardés comme équivalents. Nous appellerons *intersection* $\mathcal{A} \cap \mathcal{B}$ de deux relations d'équivalence $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ la plus grande relation d'équivalence consécutive à $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$, *produit* $\mathcal{A}\mathcal{B}$ de $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ la plus petite relation d'équivalence à laquelle $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ soient consécutives. Les relations d'équivalence forment donc une *structure* (³).

2. Soient maintenant deux ensembles E et $\overline{E}$. Nous dirons que $\overline{E}$ est homomorphe à E et nous écrirons $E \sim \overline{E}$ s'il est possible d'établir entre E et $\overline{E}$ une correspondance telle qu'à tout élément u de E corresponde un élément $\overline{u}$ de $\overline{E}$ et que tout élément $\overline{u}$ de $\overline{E}$ soit l'image d'au moins un élément u de E. Les ensembles E et $\overline{E}$ seront dits isomorphes $E \cong \overline{E}$, si la correspondance est biunivoque (donc s'ils ont même puissance) (⁴).

Soit $E \sim \overline{E}$. Une relation d'équivalence $\overline{\mathcal{R}}$ dans $\overline{E}$ induit dans E une relation d'équivalence $\mathcal{R}$ définie par $u \equiv v(\mathcal{R})$ si les images $\overline{u}$ et $\overline{v}$ de u et v dans $\overline{E}$ satisfont à $\overline{u} \equiv \overline{v}(\overline{\mathcal{R}})$.

Si P est la relation induite dans E par l'égalité dans $\overline{E}$, on a, pour l'ensemble quotient E/P correspondant, la relation

$$\frac{E}{P} \cong \overline{E}. \tag{1}$$

D'une manière générale, on a

$$\frac{E}{\mathcal{R}} \cong \frac{\overline{E}}{\overline{\mathcal{R}}}. \tag{2}$$

De plus, les relations d'équivalence $\mathcal{R}$ induites dans E par toutes les $\overline{\mathcal{R}}$

(³) Voir, pour les définitions d'une structure et de deux structures isomorphes, O. Ore, *Annals of Mathematics*, 36, 1935, p. 406.

(⁴) Cette terminologie de caractère algébrique est celle qui convient aux résultats que nous allons énoncer. Nous avons aussi considéré le cas où une ou plusieurs opérations sont définies dans E et $\overline{E}$; naturellement l'homomorphisme et l'isomorphisme respectent alors ces opérations.

de $\overline{E}$ constituent une structure, qui est celle des relations d'équivalence de E supérieures ou égales à P; cette structure est isomorphe à celle de toutes les relations d'équivalence de $\overline{E}$. Ces propositions peuvent être regardées comme des généralisations du théorème d'homomorphie et du premier théorème d'isomorphie.

3. Nous dirons que deux relations d'équivalence $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ d'un même ensemble E sont *associables* l'une à l'autre si l'on a la propriété suivante relative aux ensembles quotients $E/\mathcal{A}$, $E/\mathcal{B}$: A_1, A_2 étant deux classes quelconques de $E/\mathcal{A}$ et B_1, B_2 deux classes de $E/\mathcal{B}$, les quatre relations : A_1 coupe B_1, A_1 coupe B_2, A_2 coupe B_1, A_2 ne coupe pas B_2, sont toujours incompatibles.

En supposant les deux relations $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ associables, on a les résultats suivants :

1° Si P est une classe quelconque de E par rapport à $\mathcal{T} = \mathcal{A}\mathcal{B}$ et si B est une classe de E par rapport à $\mathcal{B}$ contenue dans P, les deux ensembles quotients $P/\mathcal{A}$ et $B/\mathcal{A} \cap \mathcal{B}$ sont isomorphes.

2° Toutes les relations d'équivalence $\mathcal{R}$ comprises entre $\mathcal{A}\mathcal{B}$ et $\mathcal{A}$ sont associables à $\mathcal{B}$ et forment une structure Σ_1. A une telle relation on peut faire correspondre la relation d'équivalence $\mathcal{S} = \mathcal{R} \cap \mathcal{B}$ comprise entre $\mathcal{B}$ et $\mathcal{A} \cap \mathcal{B}$. $\mathcal{S}$ est associable à $\mathcal{A}$ et l'on a : $\mathcal{A}\mathcal{S} = \mathcal{R}$.

3° Soit maintenant $\mathcal{S}'$ une relation d'équivalence appartenant à la structure Σ'_2 des relations comprises entre $\mathcal{B}$ et $\mathcal{A} \cap \mathcal{B}$. A $\mathcal{S}'$ on peut faire correspondre dans Σ_1 la relation $\mathcal{R} = \mathcal{A}\mathcal{S}'$. Si l'on forme $\mathcal{S} = \mathcal{R} \cap \mathcal{B}$ on a $\mathcal{S}' \leqq \mathcal{S}$, l'égalité ayant lieu si $\mathcal{S}'$ est associable à $\mathcal{A}$ et seulement dans ce cas. Les relations $\mathcal{S}$ de Σ'_2 qui sont associables à $\mathcal{A}$ forment une structure Σ_2, qui est isomorphe à Σ_1. Pour que les structures Σ_2 et Σ'_2 coïncident, il faut et il suffit que chaque classe de E modulo $\mathcal{A}\mathcal{B}$ se réduise soit à une classe modulo $\mathcal{A}$, soit à une classe modulo $\mathcal{B}$.

Les énoncés précédents généralisent le deuxième théorème d'isomorphie; en outre ils montrent que les structures qui s'introduisent dans l'étude des relations d'équivalence non seulement ne sont pas des structures de Dedekind, mais ne satisfont pas non plus à l'une des deux conditions nécessaires et suffisantes données par M. Ore pour la validité de sa généralisation du deuxième théorème d'isomorphie ([5]).

([5]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 41, 1937, p. 266.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le spectre de l'équation des vibrations d'une plaque encastrée.* Note de M. **Alexandre Weinstein**, présentée par M. Henri Villat.

Soit $\lambda_1^2, \lambda_2^2, \ldots$ le spectre de l'équation $\Delta\Delta w - \lambda^2 w = 0$, valable dans un domaine S, la fonction w satisfaisant aux conditions suivantes : $w = dw/dn = 0$ sur la frontière C de S. Désignons par s l'arc sur C.

Nous nous proposons de compléter les résultats énoncés dans une Note antérieure (¹) et d'indiquer un procédé qui donne des bornes inférieures des λ_n^2. Pour appliquer ce procédé il suffit de connaître le spectre ω_1, $\omega_2, \ldots$ et les fonctions propres $u_1, u_2, \ldots$ de l'équation $\Delta u + \omega u = 0$ ($u = 0$ sur C).

Formons la suite des dérivées normales du_k/dn ($k = 1, 2, \ldots$). Supprimons dans cette suite les éléments qui sont des combinaisons linéaires des précédents. Désignons les autres par

$$p_1(s), \quad p_2(s), \quad \ldots. \tag{1}$$

Résolvons les problèmes de Dirichlet relatifs aux valeurs $p_k(s)$ et formons la suite des fonctions harmoniques

$$p_1(x, y), \quad p_2(x, y), \quad \ldots. \tag{2}$$

Soit r_n la multiplicité de ω_n ($n = 1, 2, \ldots$) et soient $u_1^{(n)}, \ldots, u_{r_n}^{(n)}$, r_n fonctions propres correspondantes. On peut extraire de (2) une suite de r_n fonctions $p_{i_1}, \ldots, p_{i_r}$ (²) (que nous appelons la *suite adjointe* à ω_n), telle que le déterminant $|(p_{i_k}, u^{(n)})|$ ($j, k = 1, \ldots, r_n$) soit différent de zéro (³).

Écrivons les équations

$$\Delta v_k + \mu v_k = p; \qquad \Delta \bar{v}_k - \mu \bar{v}_k = p_k \qquad (v_k = \bar{v}_k = 0 \text{ sur C}; \ k = 1, 2, \ldots).$$

Posons $w_k = v_k + \bar{v}_k$. Formons la matrice infinie $\|(p_k, \Delta w_j)\|$ ($j, k = 1, 2, \ldots$) et considérons les déterminants

$$d_m(\mu) = |(p_k, \Delta w_j)| \qquad (j, k = 1, 2, \ldots, m; \ m = 1, 2, \ldots).$$

(¹) A. Weinstein, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1899.

(²) Nous avons posé pour abréger $r = r_n$.

(³) Nous désignons par (f, g) l'intégrale double du produit fg dans S.

Soit $\nu+1$ le plus petit entier, tel que la suite adjointe à $\omega_{\nu+1}$ ne soit pas contenue dans la suite $p_1, \ldots, p_m$. Calculons d'abord les racines $\mu^{(1)}, \ldots, \mu^{(\alpha)}$ de $d_m(\mu)$ qui sont différentes de $\omega_1, \ldots, \omega_\nu$ et inférieures à $\omega_{\nu+1}$. Soit R_n le rang de $d_m(\mu^{(n)})$. Écrivons $(m-R_n)$ fois la valeur $\mu^{(n)}$ $(n=1, \ldots, \alpha)$. Soit

$$(3) \qquad \mu_{m_1 m}, \quad \mu_{m_2 m}, \quad \ldots, \quad \mu_{m_\gamma m},$$

la suite ainsi formée. Considérons, après avoir obtenu (3), la suite $p_{i_1}, \ldots, p_{i_r}$ adjointe à ω_n $(n=1, 2, \ldots, \nu)$.

Formons le mineur $d^{(n)}_{m-r}(\mu)$ relatif aux lignes et colonnes $i_1, \ldots, i_r$ de d_m. Soient $k_1, \ldots, k_{m-r}$ les indices des lignes et colonnes qui figurent dans $d^{(n)}_{m-r}$. Remplaçons p_{k_σ} et w_{k_σ} par

$$\hat{p}_{k_\sigma} = p_{k_\sigma} - \sum_{h=1}^{r} A_{k_\sigma i_h} p_{i_h}, \qquad \hat{w}_{k_\sigma} = w_{k_\sigma} - \sum_{h=1}^{r} A_{k_\sigma i_h} w_{i_h} \qquad (\sigma = 1, \ldots, m-r),$$

les coefficients A étant déterminés par les conditions d'orthogonalité

$$(p_{k_\sigma}\, u_j^{(n)}) = 0 \qquad (\sigma = 1, \ldots, m-r;\, j = 1, \ldots, r).$$

Désignons par $\hat{d}^{(n)}_{m-r}$ le déterminant ainsi obtenu. Déterminons le rang $\hat{R}_n$ de $\hat{d}^{(n)}_{m-r}(\omega_n)$. Écrivons $(m-r-\hat{R}_n)$ fois la valeur $\omega_n (n=1, 2, \ldots, \nu)$. Soit

$$(4) \qquad \mu_{n_1 m}, \quad \mu_{n_2 m}, \quad \ldots, \quad \mu_{n_\delta m}$$

la suite ainsi obtenue. Désignons par

$$(5) \qquad \mu_{1m}, \quad \mu_{2m}, \quad \ldots, \quad \mu_{Mm}$$

l'ensemble des éléments de (3) et (4), rangés par ordre de grandeur. On aura alors les inégalités

$$\omega_n^2 \leqq \mu_{nm}^2 \leqq \lambda_n^2 \qquad (n = 1, 2, \ldots, M),$$

qui nous donnent les bornes inférieures cherchées. L'indice M dépend de m et tend avec m vers l'infini. On sait que $\mu^2_{n,m+1} \geqq \mu^2_{nm}$ et l'on peut démontrer que $\lim_{m=\infty} \mu^2_{nm} = \lambda^2_n$ [1].

La démonstration de ces résultats sera développée ailleurs.

---

[1] Voir, pour la question de convergence, N. Aronszajn et A. Weinstein, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 96.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un calcul de variation pour une famille de fonctions univalentes*. Note de M. **Menahem Schiffer**, présentée par M. Paul Montel.

Dans un Mémoire qui paraîtra ailleurs j'ai développé une méthode qui peut servir à résoudre des problèmes d'extremum dans la famille des fonctions univalentes. Je me sers essentiellement du lemme suivant, qui permet de faire varier infinitésimalement les fonctions univalentes sans sortir de la famille.

Lemme. — Soient $\mathcal{C}$ un continu dans le plan (z), $\mathcal{J}_\rho$ un continu partiel de $\mathcal{C}$ avec le diamètre transfini (rayon de représentation) ρ et contenant le point z_0. Il y a des fonctions

$$(1)\qquad \mathcal{F}_\rho(z) = z + \frac{\mathfrak{A}(\rho)\rho^2}{z - z_0} + \frac{\mathfrak{B}(\rho)\rho^3}{(z - z_0)^2} + \ldots,$$

avec des coefficients $\mathfrak{A}(\rho)$, $\mathfrak{B}(\rho)$, ..., bornés uniformément pour tous les ρ, univalentes à l'extérieur de $\mathcal{J}_\rho$ et holomorphes sauf au pôle ∞. Soit $\mathfrak{A}(\vartheta, \rho) = \underset{\arg \mathfrak{A} = \vartheta}{\operatorname{Max}} |\mathfrak{A}(\rho)|$ pour tous les $\mathcal{F}_\rho(z)$ et $\alpha(\vartheta) = \overline{\lim_{\rho=0}} \mathfrak{A}(\vartheta, \rho)$. Alors $\alpha(\vartheta) > 0$ au moins pour toutes les valeurs de ϑ dans l'intérieur d'un intervalle ouvert $\tau - (\pi/2) < \vartheta < \tau + (\pi/2)$; s'il n'y a pas d'intervalle plus grand avec la même propriété, tout intervalle $\mathcal{J}_\rho$ se trouve à une distance moindre que $\rho\,\delta(\rho)$ de la droite de direction $e^{\frac{i\pi + \tau}{2}}$ par z_0 et l'on a $\lim_{\rho=0} \delta(\rho) = 0$.

Nous montrerons maintenant l'utilité de ce lemme en l'appliquant au problème des coefficients des fonctions univalentes. Soit $\mathcal{D}$ un domaine fixe dans le plan (ζ), de connexion finie ou infinie; nous supposons seulement que $\zeta = 0$ appartienne à $\mathcal{D}$, mais pas $\zeta = \infty$. Nous considérons la famille de toutes les fonctions

$$(2)\qquad z = f(\zeta) = \zeta + a_2\zeta^2 + a_3\zeta^3 + \ldots + a_n\zeta^n + \ldots$$

univalentes et holomorphes dans $\mathcal{D}$. Cette famille est normale; il existe donc, pour chaque valeur de n, au moins une fonction $f_n(\zeta)$, pour laquelle $|a_n|$ a la valeur maximum de la famille. Nous énoncerons une propriété intéressante de ces fonctions.

Soit $f(\zeta)$ une fonction (2) représentant le domaine $\mathcal{D}$ sur un domaine $\mathcal{D}_1$ du plan (z) limité par certains continus $\mathcal{C}_\nu$ et points $\mathcal{X}_\nu$. Choisissons, parmi les $\mathcal{C}_\nu$, un continu fixe $\mathcal{C}$ et fixons sur lui un point z_0. D'après le lemme, il

y a des fonctions (1), univalentes et holomorphes dans tout le plan (z), sauf au point ∞ et dans des intervalles situés sur $\mathcal{C}$ autour de z_0, qu'on peut diminuer arbitrairement en diminuant ρ.

On peut déduire de la fonction $f(\zeta)$ une nouvelle fonction

$$\mathcal{F}_\rho\{f(z)\} = f(\zeta) + \frac{\mathfrak{A}(\rho)\rho^2}{f(\zeta) - z_0} + (\rho^3), \tag{3}$$

(ρ^3) désignant des termes d'ordre ρ^3 au moins, qui est aussi holomorphe et univalente dans $\mathcal{D}$, car les fonctions (1) sont univalentes et holomorphes dans $\mathcal{D}_1$ et les coefficients $\mathcal{B}(\rho)$, ... sont bornés pour tous les ρ.

Nous normalisons (3), selon (2) et, en posant

$$[f(\zeta)]^r = \sum_{\nu=r}^{\infty} a_\nu^{(r)} \zeta^\nu, \tag{4}$$

nous pouvons écrire

$$f^*(\zeta) = \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ a_n - \frac{\mathfrak{A}(\rho)\rho^2}{z_0} \sum_{k=2}^{n} a_n^{(k)} z_0^{-k} + (\rho^3) \right\} \zeta^n, \tag{5}$$

qui représente une fonction (2) holomorphe et univalente dans $\mathcal{D}$.

Si maintenant $f(\zeta)$ désigne la fonction extrémale $f_n(\zeta)$ qui a le coefficient a_n le plus grand en valeur absolue, nous obtenons

$$|a_n^*| = \left| a_n - \frac{\mathfrak{A}(\rho)\rho^2}{z_0} \sum_{k=2}^{n} a_n^{(k)} z_0^{-k} + (\rho^3) \right| \leqq |a_n| \tag{6}$$

ou

$$\mathcal{R}\left\{ \mathfrak{A}(\rho) \frac{1}{a_n} \sum_{k=2}^{n} a_n^{(k)} z_0^{-(k+1)} + (\rho) \right\} \geqq 0. \tag{7}$$

Cette inégalité est vraie pour toute valeur possible de $\mathfrak{A}(\rho)$. En faisant tendre ρ vers 0 et en choisissant $\vartheta = \arg \mathfrak{A}$, de sorte que $\alpha(\vartheta) > 0$, nous obtenons, à la limite,

$$\mathcal{R}\left\{ e^{i\vartheta} \frac{1}{a_n} \sum_{k=2}^{n} a_n^{(k)} z_0^{-(k+1)} \right\} \geqq 0. \tag{8}$$

Si nous posons

$$\arg\left\{ \frac{1}{a_n} \sum_{k=2}^{n} a_n^{(k)} z_0^{-(k+1)} \right\} = \psi, \tag{9}$$

on voit aisément, d'après (8), que ϑ varie seulement dans l'inter-

valle $-(\pi/2)-\psi \leqq \vartheta \leqq +(\pi/2)-\psi$. Donc, selon le lemme, on peut enclore les continus $\mathcal{J}_\rho$ contenant z_0 dans des rectangles arbitrairement étroits pour ρ suffisamment petit dont deux des côtés ont la direction $\sigma = e^{i\frac{\pi-\psi}{2}}$; d'après (9), cette direction est donnée à l'aide de l'inégalité

$$(10) \qquad \sigma^2 \frac{1}{a_n} \sum_{k=2}^{n} a_n^{(k)} z_0^{-(k+1)} \leqq 0.$$

Ce résultat est vrai pour tout point z_0 de $\mathcal{C}$. En tout point z_0 où $\mathcal{C}$ possède une tangente, celle-ci a la direction σ déterminée par (10).

Si le domaine est l'intérieur du cercle-unité, on peut voir aisément que la fonction

$$(11) \qquad p(\zeta) = \frac{\zeta}{(1-\zeta)^2} = \sum_{n=1}^{\infty} n\zeta^n$$

obéit à la condition (10) pour tout n. Ceci concorde avec la supposition que (11) a, parmi toutes fonctions de la famille et pour tout n, le coefficient a_n le plus grand en valeur absolue.

MÉCANIQUE. — *Sur quelques propriétés des surfaces déduites de leurs significations mécaniques.* Note de M. **Fernand Aimond**, présentée par M. Albert Caquot.

Soient $\Sigma g_{ij}^1 du^i du^j$ le carré de l'élément linéaire d'une surface S_1 rapportée aux variables contrevariantes u^1, u^2, $\Sigma g_{ij}^2 du^i du^j$ celui de sa représentation sphérique sur la sphère S_2 de rayon 1, g_k le déterminant des g_{ij}^k, $0,5 \Sigma d_{ij} du^i du^j$ la distance d'un point de S_1 au plan tangent infiniment voisin. g_{ij}^k est pris pour tenseur fondamental sur S_k. Les quantités $D_k^{11} = (g_k)^{-1} d_{22}$, $D_k^{12} = D_k^{21} = -(g_k)^{-1} d_{12}$, $D_k^{22} = (g_k)^{-1} d_{11}$ sont alors les composantes contrevariantes d'un tenseur sur S_k. On suppose d'autre part S_k flexible et inextensible, et l'on charge S_k avec une densité par unité d'aire égale à la résultante $\vec{U}$ d'un vecteur normal N_k et d'un vecteur tangentiel $\vec{U}_k$ de composantes contrevariantes U_k^i. Sur un élément linéaire de S_k normal au vecteur unité de composantes covariantes A_j s'exerce alors une contrainte de composantes contrevariantes $\Sigma n_k^{ij} A_j$ telle que le

tenseur des contraintes n_k^{ij} vérifie, s'il y a équilibre,

(1) $$\Sigma(2-k)\,d_{ij}n_k^{ij}+\Sigma(k-1)g_{ij}^2 n_k^{ij}+\mathrm{N}_k=0,$$

(2) $$\mathrm{div}\,n_k^{ij}+\mathrm{U}_k^i=0.$$

1° S_k est en équilibre pour des charges normales B_k de densité égale à sa courbure moyenne et un tenseur des contraintes égal à g_{ij}^k, car tout quadrilatère élémentaire de lignes orthogonales sur S_k est en équilibre pour les charges B_k et l'étreinte égale à un correspondant au tenseur des contraintes g_{ij}^k. Nous appellerons cet équilibre l'équilibre B de S_k.

2° Appelons équilibre principal sur S_1 tout équilibre dont les lignes isostatiques sont les lignes de courbure de S_1, et équilibre principal sur S_2 tout équilibre dont les lignes isostatiques sont parallèles aux lignes de courbure de S_1 aux points homologues. A tout équilibre principal sur S_1, où la densité est un vecteur $\vec{\mathrm{U}}$ et les contraintes principales $\vec{n}_1$ et $\vec{n}_2$, on peut faire correspondre sur S_2 un équilibre principal, où la densité au point homologue d'un point de S_1 est le vecteur $\mathrm{R}_1\mathrm{R}_2\vec{\mathrm{U}}$, R_1 et R_2 étant les rayons de courbure des sections normales de S_1 parallèles à $\vec{n}_1$ et $\vec{n}_2$, et où les contraintes principales sont égales aux vecteurs $\mathrm{R}_2\vec{n}_1$ et $\mathrm{R}_1\vec{n}_2$, et réciproquement, car les charges et forces élastiques agissant sur un quadrilatère élémentaire de lignes de courbure de S_1 sont les mêmes que celles agissant sur le quadrilatère homologue de S_2.

3° A l'équilibre principal B de S_2 correspond l'équilibre principal de S_1 caractérisé par une charge normale égale au double de la courbure totale de S_1 et un tenseur des contraintes G égal à D_1^{ij}.

4° A l'équilibre principal B de S_1 correspond l'équilibre principal de S_2 caractérisé par une charge normale égale à la somme R des rayons de courbure principaux de S_1 au point homologue et par un tenseur des contraintes W égal à D_2^{ij}.

5° Les équations (1) et (2) d'équilibre sur S_1 correspondant au tenseur $n_1^{ij}=\mathrm{D}_1^{ij}$ ne sont autres que l'équation exprimant le *theorema egregium* de Gauss et les équations de Gauss-Codazzi. En dérivant ces équations par rapport à un paramètre t et appelant D_{1n}^{ij} la dérivée $n^{\text{ième}}$ de D_1^{ij} par rapport à t, on obtient

$$\Sigma\,d_{ij}\mathrm{D}_{1n}^{ij}+\mathrm{N}_{1n}=0,\qquad \mathrm{div}\,\mathrm{D}_{1n}^{ij}+\mathrm{U}_{1n}^i=0,$$

où N_{1n}, U_{1n}^i ne dépendent des D_{1p}^{ij} que jusqu'à l'ordre $p=n-1$ inclus; les D_{1n}^{ij} sont les composantes d'un tenseur des contraintes maintenant en équilibre le système de charges C_n dont les composantes de la densité sont N_{1n}, U_{1n}^i.

6° Les équations (2) d'équilibre sur S_2 correspondant au tenseur $n_2^{ij} = D_2^{ij}$ sont les équations de Gauss-Codazzi relatives à S_2 (équations de Weingarten). Il en résulte (théorème de Weingarten) qu'à tout équilibre sur S_2 pour des charges normales de densité d correspond une surface S_1 unique telle que $R = d$. Nommons cet équilibre de S_2 l'équilibre sphérique de S_1.

7° La déformation de S_1 en fonction d'un paramètre t, lorsque les g_{ij}^1 sont des fonctions connues de t indéfiniment dérivables pour $t = t_0$, et que la courbure normale et la torsion géodésique de certaines courbes de S_1 satisfont à une ou deux relations connues en fonction de t se traduisant par des conditions de la forme $F(D_1^{11}, D_1^{12}, D_1^{22}, u^1, u^2, t) = 0$, peut être déterminée à partir de la position de S_1 pour $t = t_0$ et pour des valeurs suffisamment petites de $|t - t_0|$, si l'on sait déterminer pour $t = t_0$ tous les équilibres de S_1 tels que les expressions $\Sigma F_{ij} n_1^{ij}$, où F_{ij} désigne la dérivée de F par rapport à D_1^{ij}, aient des valeurs données r, et si dans ces équilibres le rapport des modules des n_1^{ij} et de leurs dérivées au maximum des modules des valeurs et des dérivées des valeurs de r et de la densité de la charge reste inférieur à un nombre fixe, car on peut alors déterminer de proche en proche les systèmes C_n et les tenseurs des contraintes correspondants, c'est-à-dire les dérivées des D_1^{ij} pour $t = t_0$, et par suite déterminer les D_1^{ij} par leurs séries de Taylor autour de $t = t_0$, la convergence étant assurée si $|t - t_0|$ est suffisamment petit.

8° Considérons en particulier un élément $\mathcal{E}_p$ de S_1 chargé avec une densité vectorielle $\vec{U}$ et limité à un contour $\mathcal{C}_p$, sur lequel agit un système donné de forces tangentielles $\vec{F}_p$. Si l'on suppose $\mathcal{C}_p$ divisé en trois séries d'arcs $\mathcal{C}_p^0$, $\mathcal{C}_p^1$, $\mathcal{C}_p^2$ tels que les $\mathcal{C}_p^j$ forment une ligne d'appuis pouvant développer dans le plan tangent des réactions arbitraires dirigées suivant j vecteurs $\vec{R}_p^j$ faisant des angles ω_p^j avec la tangente en $\mathcal{C}_p$, $\mathcal{C}_p$ est un bord libre pour $j = 0$, une ligne d'appuis simples pour $j = 1$, une ligne d'appuis doubles pour $j = 2$. En vertu de (7°), toutes les fois que l'on pourra déterminer tous les équilibres d'un élément de surface dont le contour comporte des bords libres, des appuis simples et des appuis doubles, on pourra déterminer la déformation de l'élément en fonction de la variation de l'élément linéaire, de telle manière que la courbure et la torsion des bords libres varient suivant une loi donnée et qu'il y ait une relation donnée entre la courbure normale et la torsion géodésique des lignes d'appuis simples, la valeur de l'angle ω_p^1 étant déterminée en fonction de cette dernière relation.

MÉCANIQUE DES FLUIDES EXPÉRIMENTALE. — *Étude du tunnel hydrodynamique Toussaint-Carafoli en vue de l'obtention de mouvements bidimensionnels. Écoulements sans circulation.* Note de M. **Alexandre Favre**, présentée par M. Henri Villat.

Après avoir établi une méthode de mesure des vitesses par mise en vibration de la rampe émettrice de filets colorés, qui permet d'obtenir directement le réseau de lignes de courant et de lignes isochrones [1], nous nous sommes proposé d'étudier l'approximation avec laquelle les spectres obtenus dans le plan médian du tunnel peuvent être considérés comme bidimensionnels. Nous admettons que cette condition est satisfaite : *a*. si les vitesses sont coplanaires; *b*. si le spectre reste invariant lorsque la distance *h* des parois horizontales du tunnel croît dans une large mesure au delà de la valeur habituelle, et *a fortiori* s'il reste invariant à partir de distances moindres.

1. *Écoulement sans maquette dans le plan médian du tunnel.* — Pour étudier l'influence des parois horizontales nous avons fait varier leur distance de $3^{mm},7$ à 20^{mm} [2] et la vitesse V du courant de 50 à 280 cm/sec.

L'observation [1] montre que l'écoulement est coplanaire avec une fidélité en général d'autant plus grande que *h* est plus petit, les anomalies constatées sont faibles et fugitives. Les lignes de courant sont sensiblement rectilignes et parallèles, elles présentent cependant une légère convergence vers l'aval ($\sim 1°$). Le spectre ne présente pas l'évolution qualitative dans l'intervalle étudié si ce n'est qu'il apparaît aux faibles valeurs de *h* une diffusion des filets colorés.

Les longueurs d'onde subissent des variations fortuites de l'ordre de 3 pour 100 (et exceptionnellement de 4 pour 100); la valeur moyenne de la vitesse [1], mesurée sur plusieurs longueurs d'onde, est constante suivant la largeur du tunnel et croît linéairement suivant la direction du courant; l'augmentation de vitesse sur une longueur égale à la largeur du tunnel (300^{mm}) est comprise entre 3 et 20 pour 100 lorsque *h* varie de 20^{mm} à $3^{mm},7$. La vérification de la condition *a* par l'équation de continuité montre que

(1) A. Favre, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1958, et *C. R. Jour. Méc. Fl.*, Lille, 1, 1934, p. 93.

(2) Intervalle à l'extérieur duquel les spectres ne répondent plus d'une façon satisfaisante respectivement aux conditions *b* et *a*.

cette augmentation de vitesse correspond en partie à la convergence du courant, et en partie à l'augmentation d'épaisseur de la couche limite qui entraîne un léger apport de fluide dans le plan médian.

Le mouvement obtenu est donc, à ce gradient près ([3]), fort proche du mouvement à deux dimensions rectiligne et uniforme.

II. *Écoulement sans circulation autour d'une maquette.* Nous avons étudié l'écoulement dans le plan médian autour de maquettes d'ailes Joukowski à l'incidence de sustentation nulle, et particulièrement la partie antérieure du spectre d'une aile de dimensions relativement grandes (corde $L = 450^{mm}$).

L'observation directe de l'écoulement du point de vue de la condition *a* conduit aux mêmes résultats que dans le cas I ([4]). L'observation du réseau de lignes de courant et de lignes isochrones — qui caractérise le mouvement — pour des hauteurs *h* du tunnel de 3^{mm}, 7 à 20^{mm} et des vitesses de 50 à $280^{cm/sec}$, montre que *les spectres ne subissent pas d'évolution notable :* ces lignes coïncident en direction à quelques degrés près, en particulier les lignes de courant aboutissant au point de stagnation dont l'évolution est caractéristique de l'évolution d'ensemble des spectres, coïncident à 3/1000 de L près au bord d'attaque et à 4/1000 de L près à L/3 en amont, ces différences sont de l'ordre de la précision des expériences et des mesures. Les valeurs des coefficients de vitesse moyenne mesurés à partir de L/3 en amont jusqu'au droit de l'aile, sous l'intrados, sur l'extrados et à la hauteur de l'aile, sont respectivement égaux sur tous les spectres, à 2,7 pour 100 près.

Ainsi l'évolution des spectres en fonction de *h* et V, due aux variations du frottement sur les parois (infl. de *h* et V) et aux variations du nombre de Reynolds (infl. de V) est très faible dans le cas de nos expériences. En toute rigueur il conviendrait de faire croître *h* indéfiniment, mais lorsque cette distance dépasse 20^{mm} l'écoulement n'obéit plus d'une façon satisfaisante à la condition *a*. Pratiquement il apparaît très probable que, l'influence du frottement aux parois décroissant rapidement lorsque la distance des parois augmente, si l'évolution du spectre est très faible lorsque *h* croît

([3]) Qui correspond à une augmentation de vitesse de l'ordre de 10 pour 100 dans le cas des applications, et dont on constate également l'existence en soufflerie.

([4]) On voit cependant apparaître aux faibles vitesses les phénomènes d'enroulement au voisinage de la partie antérieure de l'obstacle observés par M. Sackmann (*Publ. scient. et techn. du Min. de l'Air*, n° 92), mais, dans les conditions habituelles de nos expériences ($h = 16^{mm}$, $V > 50$ cm/sec), les filets colorés restent dans le plan médian du tunnel et ne décèlent pas ces phénomènes.

de $3^{mm},7$ à 20^{mm}, elle ne sera pas d'un ordre de grandeur notable lorsque h continuera à croître. On peut en conclure que l'influence du frottement aux parois est très faible dès l'épaisseur du tunnel de 4^{mm} et *a fortiori* pour les épaisseurs de 16^{mm} utilisées pour les applications. La vérification de l'équation de continuité dans ce cas, par mesure des surfaces limitées par des lignes isochrones et de courant, montre que ces surfaces se conservent à 10 pour 100 près au cours de la traversée du tunnel (cond. *a*).

Les spectres obtenus avec ce tunnel hydrodynamique, avec ou sans maquette et sans circulation, peuvent donc, dans les conditions habituelles de nos expériences ($h = 16^{mm}$, $V = 50$ cm/sec), être considérés comme représentant des mouvements bidimensionnels stationnaires avec une bonne approximation, ils permettent d'étudier le mouvement d'une façon particulièrement détaillée.

AÉRODYNAMIQUE. — *Définition de coefficients unitaires et de polaires de l'avion complet.* Note de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

Un avion en vol (*fig.* 1) est soumis à son poids, P, à la traction de l'hélice, T, à la traînée et à la poussée, t et p, du planeur. Désignons par $\mathfrak{P}$ la résultante des forces aérodynamiques suivant la perpendiculaire à la direction de la vitesse, V, *portance de l'avion complet*, et par $\mathfrak{T}$ leur résultante parallèle à cette direction, *traction*, positive ou négative, de *l'avion complet.*

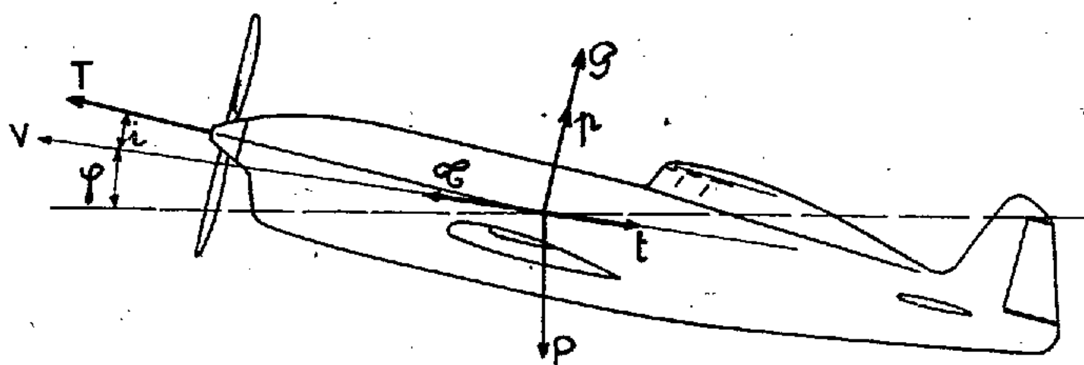


Fig. 1.

Désignons de plus par i l'angle de vol, l'axe de référence étant l'axe de traction de l'hélice, et par φ l'angle de la trajectoire avec le plan horizontal. Nous avons,

$$\mathfrak{P} = p + T \sin i = P \cos \varphi, \tag{1}$$

$$\mathfrak{T} = T \cos i - t = P \sin \varphi. \tag{2}$$

Nous poserons *par définition*, parallèlement aux équations de définition des coefficients du planeur, écrites ci-contre,

$$(3)\qquad \mathfrak{X} = \overline{C_z}\frac{\rho}{2}SV^2, \qquad p = \overline{C_z}\frac{\rho}{2}SV^2;$$

$$(4)\qquad W = 2nC = \overline{C_x}\frac{\rho}{2}SV^3, \qquad Wu = tV = \overline{C_x}\frac{\rho}{2}SV^3.$$

$\overline{C_z}$ *est le coefficient unitaire de portance*, $\overline{C_x}$ *le coefficient unitaire de puissance* de l'avion complet.

Le vol d'un avion est fonction de deux variables, matérialisées pour le pilote par le manche à balai et la manette des gaz. La représentation des coefficients doit être faite en fonction de deux variables. Les plus commodes sont les angles de vol, i, et de trajectoire, φ, ce dernier étant donné au laboratoire et en vol par

$$\tan\varphi = \frac{\mathfrak{T}}{\mathfrak{X}} = \frac{w^{\frac{m}{s}}}{V^{\frac{m}{s}}} \qquad (w, \text{ vitesse ascensionnelle en m. par sec.})$$

La représentation des caractéristiques se fera (parallèlement à celle du

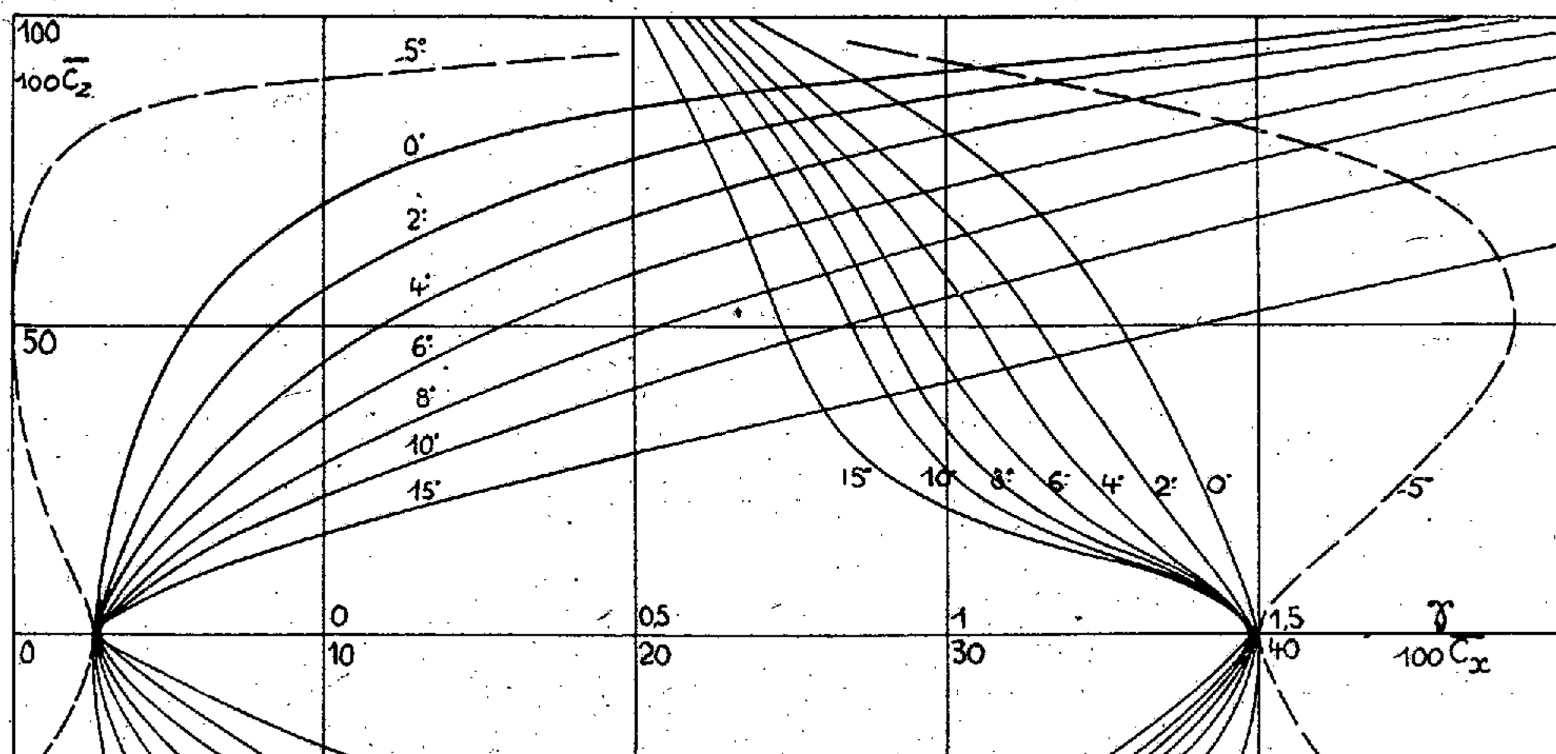


Fig. 2.

planeur; C_x en fonction du C_z) par celle de $\overline{C_x}$ et de γ en fonction de $\overline{C_z}$ à chaque φ. Ce sont les polaires de l'avion complet représentées (*fig.* 2) pour le *Caudron C.* 460 que nous avons étudié à la Soufflerie de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr. Ces caractéristiques sont obtenues au tunnel par les déterminations à la balance de $\mathfrak{T}$ et de $\mathfrak{X}$ et par celles de la vitesse

de rotation et du couple moteur. Celle de la traction interne de l'hélice est inutile [1]. L'exploitation de ces polaires est semblable à celle du planeur. Placées en particulier dans le plan logarithmique elles fourniront sur les axes normaux pour chaque point i, φ, la valeur de la vitesse V et celle de la puissance motrice (au lieu de la puissance utile) nécessaire au vol.

Relations entre les caractéristiques de l'avion complet et celles du planeur et du propulseur. — L'équation (1) donne $\mathfrak{T}$ en fonction de T, non exprimable en fonction de C_x et C_z. Remplaçons-le par sa valeur tirée de (2),

$$\mathfrak{T} = p + t \operatorname{tang} i + \mathrm{P} \sin\varphi \operatorname{tang} i.$$

Cette expression comprend P non exprimable également. Remplaçons-le par sa valeur tirée de (1),

$$\mathfrak{T} = p + (t + p \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i + \mathrm{T} \sin i \operatorname{tang}\varphi \operatorname{tang} i.$$

Cette expression contient à nouveau T. En répétant la double opération, on obtient le développement en série

$$\mathfrak{T} = p + (t + p \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i (1 + \operatorname{tang}\varphi \operatorname{tang} i + \ldots + \operatorname{tang}^n\varphi \operatorname{tang}^n i + \ldots),$$

et en passant en coefficients unitaires à l'aide de (3) et (4),

$$\overline{C}_z = C_z + (C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i (1 + \operatorname{tang}\varphi \operatorname{tang} i + \ldots + \operatorname{tang}^n\varphi \operatorname{tang}^n i + \ldots).$$

On obtient de même la valeur de $\overline{C}_x$. On a en effet

$$W_u = \mathrm{TV} \cos i \quad \text{ou} \quad W = \frac{\mathrm{TV} \cos i}{\eta}.$$

Remplaçons T par sa valeur et passons en coefficients unitaires,

$$\overline{C}_x = \frac{C_x + \overline{C}_z \operatorname{tang}\varphi}{\eta}.$$

Nous pouvons conserver uniquement les premiers termes du développement et nous avons

$$\overline{C}_z = C_z + (C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i, \qquad \overline{C}_x = \frac{C_x + \overline{C}_z \operatorname{tang}\varphi}{\eta},$$

et en vol horizontal, $\varphi = 0$,

$$\overline{C}_z = C_z + C_x \operatorname{tang} i, \qquad \overline{C}_x = \frac{C_x}{\eta}.$$

---

(1) R. Silber, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 603.

ASTROPHYSIQUE. — *Remarques sur la diffusion de la lumière dans la Voie lactée.* Note [1] de M. **Jean Dufay**, présentée par M. Charles Fabry.

1. La diffusion de la lumière des étoiles dans la Voie lactée peut contribuer à produire le spectre continu du ciel nocturne [2]. J'ai montré comment on pouvait calculer la brillance qui doit en résulter, sans négliger les diffusions d'ordre supérieur, par application des lois de la diffusion moléculaire à un milieu compris entre deux plans parallèles indéfinis, distants de h, où les étoiles et les particules diffusantes seraient uniformément réparties [3]. Pour faire le calcul, Wang Shih Ky a négligé les variations en fonction de l'angle de diffusion, de l'intensité lumineuse diffusée dans le processus élémentaire [4].

Soient K le coefficient d'absorption, J_0 l'intensité lumineuse totale des étoiles contenues dans l'unité de volume; les 2 paramètres dont dépend la brillance sont J_0/K (brillance de l'ensemble des étoiles dans le plan galactique) et $K.h$, qui représente, à une constante près, la densité optique totale dans une direction perpendiculaire au plan galactique. On les détermine facilement à l'aide des dénombrements d'étoiles par magnitude. Ceux de Seares, Van Rhijn, Joyner et Richmond [5], considérés comme les plus complets, donnent $J_0/K = 0,0271$ étoile de magn. photogr. 1,0 par degré carré et $K.h = 0,4$. Cette dernière valeur, correspondant à une absorption totale de 0,435 magnitude perpendiculairement au plan galactique, s'accorde bien avec la plupart des données actuelles relatives à l'absorption.

La courbe en trait continu de la figure ci-après montre les variations, en fonction de la latitude galactique, de la brillance ainsi calculée, exprimée en étoiles de magnitude photographique 1,0 par degré carré.

2. Diverses observations semblaient déjà indiquer l'existence de la diffusion galactique. Les régions sombres de la Voie lactée, contenant peu d'étoiles, sont plus brillantes que le ciel des hautes latitudes. Ainsi, la plage sombre voisine de α Cygni ne paraît noire que par contraste : sa brillance peut surpasser de 2/10 celle de la région polaire [6]. Il est naturel d'attri-

---

(1) Séance du 18 octobre 1937.

(2) O. Struve, *Astrophysical Journal*, 77, 1933, p. 153. Ch. Fabry, J. Dufay et J. Cojan, *Étude de la lumière du fond du ciel nocturne*, Paris, 1934, p. 41.

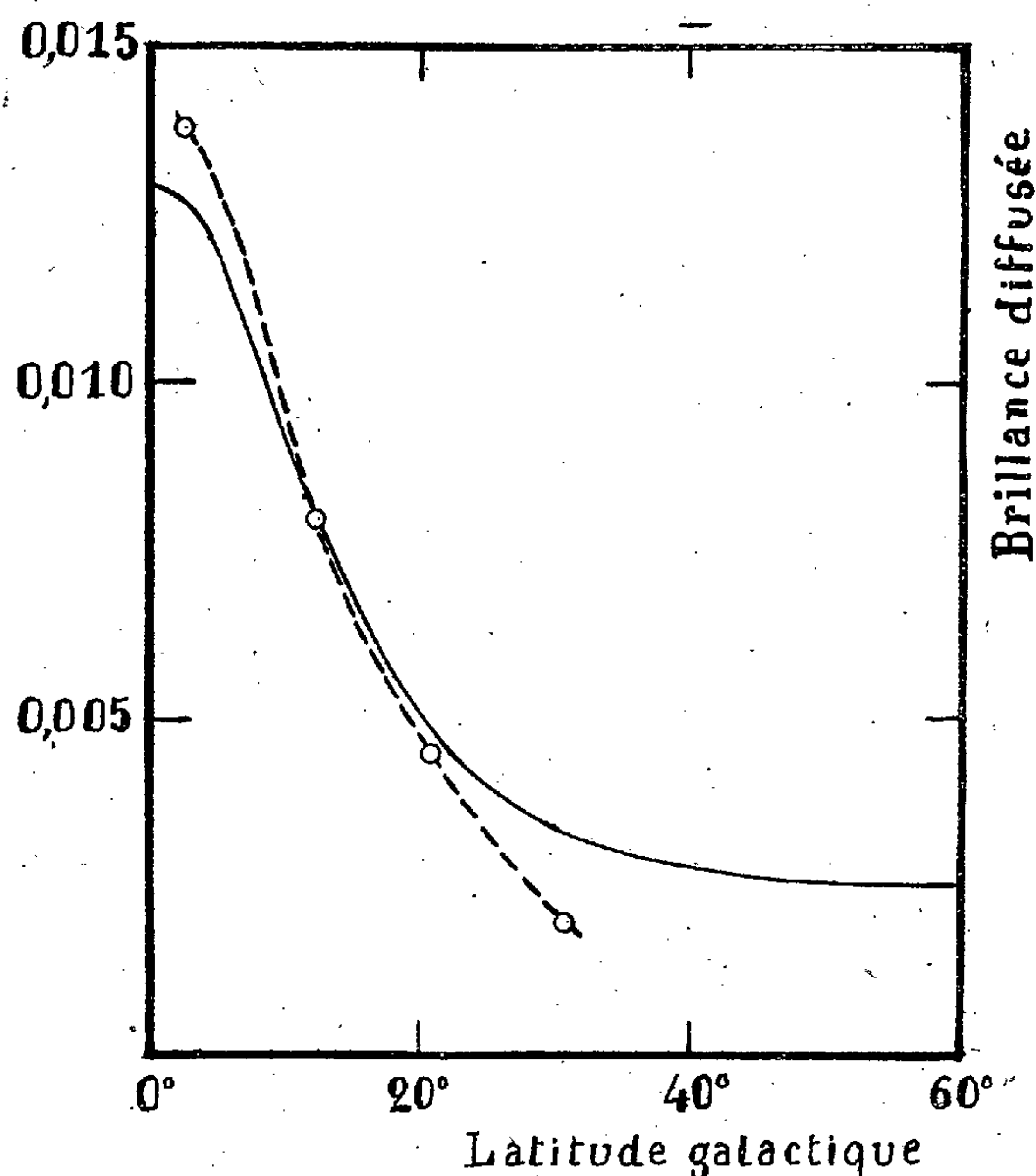
(3) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1323.

(4) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1326; *Publications de l'Observatoire de Lyon*, 1, 1936, nº 19, p. 1; *Thèse*, Lyon, 1936.

(5) *Astrophysical Journal*, 62, 1925, p. 320.

(6) J. Dufay, *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10, 1928, p. 70.

buer cette différence à l'excès de la diffusion galactique. De même, les mesures de la brillance de quelques nébuleuses obscures, faites par Otto Struve et Elvey, ne s'interprètent facilement que par la diffusion de la lumière à de très grandes distances dans la Voie lactée ([7]). De ces deux séries d'observations, on tire facilement une même *limite inférieure* de la brillance diffusée près du plan galactique : 0,006 à 0,007 étoile de magn. 1,0 par degré carré. C'est bien l'ordre de grandeur prévu par la théorie.



Mais la réalité de la diffusion galactique vient seulement d'être bien établie par les mesures photoélectriques d'Elvey et Roach ([8]) qui ont permis de séparer approximativement la luminescence de la haute atmosphère, la lumière zodiacale et la *composante cosmique*. Cette dernière

([7]) *Astrophysical Journal*, 83, 1936, p. 162.
([8]) *Astrophysical Journal*, 85, 1937, p. 213.

provient à la fois des étoiles et de la diffusion dans la Voie Lactée : en retranchant la brillance d'origine stellaire, évaluée à partir des comptes d'étoiles, on isole finalement la brillance provenant de la diffusion.

La courbe en trait interrompu de la figure ci-contre représente, d'après les observations d'Elvey et Roach, les variations de la brillance diffusée (en étoiles de magn. 1,0 par degré carré) en fonction de la latitude.

L'accord entre la théorie et l'observation est surprenant, eu égard à la simplicité du schéma galactique adopté.

3. Rien ne prouve que les particules diffusantes soient petites par rapport aux longueurs d'onde, car le calcul de Wang suppose seulement : 1° qu'il n'y a pas d'absorption vraie; 2° que la lumière est diffusée également dans toutes les directions. Cette seconde hypothèse est certainement inexacte. L'intensité lumineuse diffusée par de petites particules est minimum à 90° du faisceau incident. Il en résulte que le rapport entre la brillance diffusée dans le plan galactique (où il n'y a pas d'angle de diffusion privilégié) et la brillance diffusée au pôle (où la plus grande partie de la lumière est diffusée sous un angle voisin de 90°) doit être plus grand qu'on ne l'a calculé. Effectivement, la brillance observée diminue plus vite que la brillance calculée quand la latitude croît. De grosses particules, diffusant beaucoup de lumière dans le sens de propagation du faisceau incident, produiraient un effet analogue et sans doute plus marqué.

ASTRONOMIE. — *Détermination de la distance du centre de la Voie lactée et des constantes de la rotation galactique au moyen des amas ouverts.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Henri Villat.

1. On sait, depuis les travaux de Shapley parus en 1917, que le centre de la Voie lactée se trouve à la longitude 330°, mais la distance de ce centre est très mal connue. On n'a pu jusqu'à présent déterminer cette distance que par l'étude de la distribution des amas globulaires et par l'étude statistique des Céphéides de la constellation du Sagittaire; mais les résultats obtenus par ces procédés restent incertains, car d'une part on n'a pas observé tous les amas globulaires ni toutes les Céphéides, et d'autre part l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire, dont le taux varie d'une région à une autre de la Voie lactée, fausse la distance du centre. Par ailleurs une étude des vitesses radiales des amas ouverts faite par Phyllis

Hayford [1] conduit à une valeur trop faible (1800 parsecs) de la distance du centre.

2. A un autre point de vue, on n'a pu encore déterminer que le coefficient A, dit coefficient de Oort, dans l'expression de la vitesse de rotation galactique des astres voisins du Soleil, car les corps célestes auxquels on s'est adressé jusqu'à présent pour étudier ce problème, exception faite pour les amas globulaires, sont trop rapprochés de nous.

3. Les amas ouverts se prêtent à l'étude de ces deux problèmes; adoptons pour distance du centre une valeur R_0, limitons-nous au plan galactique xOy; O étant le Soleil; soient x, y les coordonnées d'un amas M, R sa distance au centre galactique, V sa vitesse dans la rotation galactique, α, β, γ les cosinus de OM, X_0, Y_0, Z_0 la vitesse du Soleil par rapport au centre galactique de coordonnées x_0, y_0. Nous pouvons représenter la vitesse angulaire de rotation de M dans le domaine des amas ouverts par une expression de la forme

$$\frac{V}{R} = a + b(R - R_0) + c(R - R_0)^2 + d(R - R_0)^3. \tag{1}$$

Nous prendrons comme unité pour V le km sec^{-1} et pour R 1000 parsecs.

La vitesse radiale moyenne ρ des amas sera représentée par

$$\begin{aligned} \rho = & -\alpha(X_0 - ay_0) - \beta(Y_0 + ax_0) - \gamma Z_0 \\ & + (\alpha y_0 - \beta x_0)[b(R - R_0) + c(R - R_0)^2 + d(R - R_0)^3]. \end{aligned} \tag{2}$$

4. Les distances et vitesses radiales de 42 amas ouverts déterminés à l'Observatoire Lick m'ont été communiquées par M. R. J. Trumpler; chaque amas donne une équation telle que (2) et l'ensemble de ces équations, traité par la méthode des moindres carrés, donne les coefficients b, c, d du développement de V, X_0, Y_0, Z_0, et Σ^2 somme des carrés des résidus de ρ.

J'ai adopté, pour vitesse de rotation du Soleil, $R_0 a = -310$.

5. Le calcul précédent n'est possible que si l'on connaît R_0. J'ai fait un calcul en adoptant pour R_0 une série de valeurs en progression arithmétique de raison 1000 parsecs variant de 3000 à 11000 parsecs.

La valeur de R_0 qui correspond au minimum de Σ^2 peut être considérée comme donnant une indication de la distance du centre.

---

[1] *Lick Observatory Bulletin*, n° 448, 16, 1932, p. 53.

Ce minimum a lieu aux environs de

$$R_0 = 6400 \text{ parsecs},$$

valeur de la distance du centre qui paraît très acceptable.

6. Voici les valeurs des constantes a, b, c, d correspondant à $R_0 = 6000$ parsecs :

$$a = -51,67, \quad b = +4,02_{\mp 0,75}, \quad c = -1,06_{\mp 0,41}, \quad d = +0,31_{\mp 0,22}.$$

Si l'on porte ces coefficients dans l'expression de V, on obtient une vitesse V qui augmente en valeur absolue depuis le centre, passe par un maximum de 370 kmsec^{-1} à 3000 parsecs du Soleil vers l'anticentre, et s'annule à 6000 parsecs de nous dans la même direction.

Ce résultat est en bon accord avec ceux que j'ai déduits de l'étude des amas globulaires ([2]).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la théorie du rayonnement stellaire.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Soit L l'énergie totale émise en une seconde par une étoile de masse M. Considérons une sphère de rayon r, comprise à l'intérieur de cette étoile et ayant même centre qu'elle, puis désignons par L_r et M_r les grandeurs correspondant à celles définies ci-dessus mais afférentes à la sphère en question. Pour étudier le phénomène qui nous occupe, il a été défini un paramètre η par la formule

$$(1) \qquad \frac{L_r}{M_r} = \eta \frac{L}{M};$$

par ailleurs, k étant le coefficient d'absorption de la matière dont l'étoile est composée, il a été admis que le produit ηk était constant, et l'on est ainsi parvenu à l'équation

$$(2) \qquad L\eta k = 4\pi c G M (1 - \beta),$$

où c est la vitesse de la lumière, G la constante de gravitation et β le rapport de la pression de la matière à la pression totale. C'est cette équation qui a été utilisée pour l'établissement de la relation entre la masse et la luminosité et, à cette fin, il a suffi d'y introduire des expressions

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2132.

découlant de la théorie de l'équilibre polytropique en tenant compte de la pression de radiation ([1]).

On sait que la relation masse-luminosité a donné des résultats satisfaisants en ce qui concerne l'éclat relatif des étoiles, mais qu'elle a conduit à un important mécompte touchant la valeur absolue de cet éclat : l'éclat calculé s'est trouvé être environ dix fois plus grand que l'éclat observé, et cette divergence a résulté de l'emploi du coefficient d'absorption, dont la grandeur du facteur constant a apparu comme étant responsable du désaccord. Plus tard on s'est efforcé de lever cette difficulté en imaginant qu'il y avait, à l'intérieur des étoiles, une notable proportion d'hydrogène ayant pour effet de rétablir la concordance ([2]). Mais, pour que cette explication fût acceptable, il faudrait que la nature eût le souci, au cours d'une évolution qui modifie du tout au tout l'état physique des étoiles, de toujours si bien doser l'hydrogène que le désaccord ne pût se manifester; cela n'est guère vraisemblable.

Au reste nous allons montrer que ce n'est pas seulement la grandeur d'un facteur constant qui est en cause, mais que les difficultés qui se présentent intéressent les bases mêmes sur lesquelles la relation masse-luminosité a été établie. Dans ce but éliminons $\eta L/M$ entre les équations (1) et (2); il vient

$$kL_r = 4\pi c G M_r (1-\beta).$$

Or, d'après sa définition, l'énergie L_r est égale à l'énergie libérée, par seconde, à l'intérieur de la sphère de rayon r; il en résulte que son expression devrait croître en même temps que r et tendre naturellement vers L quand r tend vers le rayon de l'étoile.

Adoptant les notations utilisées par M. Bialobrzeski dans son Ouvrage *La Thermodynamique des Étoiles*, on obtient

$$k = C\frac{\rho}{\mu T^{\frac{7}{2}}} = C\frac{a\beta\mu T^3}{3R(1-\beta)\mu T^{\frac{7}{2}}} = \frac{Ca}{3R}\frac{\beta}{1-\beta}\frac{1}{T^{\frac{1}{2}}},$$

$$L_r = \frac{12\pi c G R}{Ca}\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T^{\frac{1}{2}}M_r = \frac{12\pi c G R}{Ca}\frac{(1-\beta)^2}{\beta}u_0^{\frac{1}{2}}T_1^{\frac{1}{2}}\frac{4\pi}{\omega^3}\left(-\psi^{\frac{1}{2}}\xi^2\frac{d\psi}{d\xi}\right)$$

$$= \frac{12\pi c G R}{Ca}\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T_0^{\frac{1}{2}}\frac{M}{M_1}\left(-\psi^{\frac{1}{2}}\xi^2\frac{d\psi}{d\xi}\right).$$

([1]) Voir A. S. Eddington, *The Internal Constitution of the Stars*, Cambridge, 1926; M. C. Bialobrzeski, *La Thermodynamique des Étoiles*, Paris, 1931.

([2]) A. S. Eddington, *Month. Not.*, 92, 1932, p. 471.

D'après la théorie, L_r se trouve donc être proportionnel à $-\psi^{\frac{1}{2}}\xi^2\, d\psi/d\xi$ et, en utilisant le tableau établi par M. Emden pour $n=3$, on parvient aux résultats suivants :

ξ.	ψ.	$-\xi^2\, d\psi/d\xi$.	$-\psi^{\frac{1}{2}}\xi^2\, d\psi/d\xi$.
0,0	1,0000	0,0000	0,0000
0,5	0,9598	0,0387	0,0379
1,0	0,8550	0,2522	0,2332
2,0	0,5828	1,0450	0,7978
3,0	0,3592	1,6553	0,9921
4,0	0,2094	1,9197	0,8785
5,0	0,1111	2,0007	0,6658
6,0	0,0441	2,0156	0,4233
6,9	0,0000	2,0160	0,0000

Les nombres de la première colonne étant proportionnels à r, on voit que, loin d'augmenter régulièrement et de tendre vers L, L_r passe par un maximum pour une valeur de r sensiblement égale à la moitié du rayon de l'étoile, puis décroît et finalement s'annule lorsque r atteint la grandeur même de ce rayon.

LOGIQUE. — *Groupe d'équivalence d'une théorie déductive.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Considérons une théorie déductive comme constituée par 1° des *termes* primitifs $c_1, \ldots, c_n$; 2° des fonctions de ces termes primitifs dites *fonctions définissantes*, qui transforment un ensemble de termes primitifs en un élément dit *terme défini;* 3° des éléments d'un autre type que les termes primitifs dits *propositions*. Ce sont des fonctions de termes primitifs et de termes définis; 4° parmi les propositions k sont appelées *axiomes;* 5° il existe un signe $\rightarrow$ qui se lit *entraîne*. A gauche de ce signe on écrit une proposition, à droite s'écrit une proposition qui sera dite *justifiée* si celle écrite à gauche est un axiome ou une proposition déjà justifiée.

Deux systèmes de termes primitifs seront dits *équivalents* si tout terme de l'un se laisse définir par les termes de l'autre. Deux systèmes d'axiomes seront dits *équivalents* si tout axiome de l'un se laisse justifier par l'autre système. Un système de termes primitifs sera dit *indépendant* si aucun terme de ce système ne peut être défini à l'aide des autres termes primitifs.

Un système d'axiomes sera dit *indépendant* si aucun axiome ne peut être justifié par l'ensemble des autres axiomes du système. Nous supposerons la condition d'indépendance remplie.

Si nous introduisons une opération *produit logique* sur les propositions, et si nous désignons par p et q le produit logique des axiomes de deux systèmes, l'équivalence s'exprimera par $p \leftrightarrow q$, en posant :

$$p \leftrightarrow q =_d (p \rightarrow q) \;\&\; (q \rightarrow p).$$

2. Considérons les transformations qui transforment un système d'axiomes en un système équivalent. *Ces transformations forment un groupe si l'on admet les axiomes suivants :*

1° Entre tout couple de propositions de la forme $p \rightarrow q$, $r \rightarrow s$ l'opération & s'applique et elle n'est vraie que si les deux propositions données sont vraies.

2° $$(p \rightarrow q) \;\&\; (p \rightarrow r) . \rightarrow . (p \rightarrow q \;\&\; r),$$

3° $$(p \rightarrow q) \;\&\; (q \rightarrow r) . \rightarrow . (p \rightarrow r),$$

4° $$(p \rightarrow q) \rightarrow (p \;\&\; r . \rightarrow . q),$$

5° $$p \rightarrow p.$$

A ce groupe nous donnerons le nom de *groupe d'équivalence des axiomes de la théorie*, soit $\mathcal{G}_{éa}$.

3. Considérons les transformations qui transforment un système de termes primitifs en un système équivalent. *Ces transformations forment un groupe si l'on admet l'axiome* 6 *suivant :*

6° Si un terme a est défini en fonction de termes $c_1, \ldots, c_m$, et si ces termes ne sont plus pris comme termes primitifs, mais sont eux-mêmes définis en fonction de termes $d_1, \ldots, d_n$, le terme a est défini correctement par les termes définis $c_1, \ldots, c_m$, on peut considérer alors a comme défini par une fonction composée des termes $d_1, \ldots, d_n$.

A ce groupe nous donnerons le nom de *groupe d'équivalence des termes primitifs de la théorie*, soit $\mathcal{G}_{ét}$.

4. Considérons comme non distinctes deux théories telles que le système de termes primitifs de l'une soit équivalent au système de termes primitifs de l'autre, le système d'axiomes de l'une au système d'axiomes de l'autre. Une théorie déductive est alors un invariant de chacun des groupes que nous venons de définir. Une transformation de $\mathcal{G}_{éa}$ laisse les termes primitifs invariés et une transformation de $\mathcal{G}_{ét}$ laisse les axiomes invariés. En outre *toute transformation de l'un des groupes commute avec une transformation de*

l'autre. Le produit de ces deux groupes est produit direct, soit

$$\mathcal{G}_{é}=\mathcal{G}_{éa}\times\mathcal{G}_{ét}.$$

Nous appellerons ce groupe produit le *groupe d'équivalence* de la théorie déductive considérée. Toute transformation de ce groupe transforme la théorie en elle-même, et toute transformation n'y appartenant pas la transforme en une théorie distincte.

Le nombre de termes primitifs indépendants n'est pas un invariant du groupe d'équivalence de la théorie considérée. Il suffit de citer l'exemple du calcul classique des propositions pour lequel un système de termes primitifs indépendants est &, $\sim$ et un autre |. Les transformations de $\mathcal{G}_{ét}$ qui conservent le même nombre de termes primitifs constituent des sous-groupes. Le sous-groupe qui conservera le nombre minimum de termes primitifs sera dit groupe d'équivalence irréductible des termes primitifs. On voit donc que l'indépendance ne suffit pas pour avoir le nombre minimum de termes primitifs.

Si l'ensemble des systèmes d'axiomes équivalents est un ensemble fini, le groupe $\mathcal{G}_{éa}$ est le groupe des permutations de n objets, s'il est dénombrable c'est le groupe S_∞ de MM. Schreier et Ulam [1].

5. Deux théories telles que leurs groupes d'équivalence soient isomorphes seront dites *isomorphes en équivalence*. Pour deux telles théories les ensembles de systèmes d'axiomes équivalents ont même puissance. Deux théories peuvent être isomorphes en équivalence sans pour cela être équivalentes. Le groupe d'équivalence ne suffit donc pas pour caractériser une théorie déductive.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude de la décharge d'un condensateur à travers un tube à gaz*. Note de M. **Joseph Bethenod**, transmise par M. André Blondel.

M. Marcel Laporte [1] applique à la décharge d'un condensateur à travers un tube à gaz les équations classiques du circuit oscillant, en supposant que le tube se comporte comme une résistance constante. Cette hypothèse

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 737.

(1) *Journal de Physique*, **8**, 1937, p. 332; même titre que celui de la présente Note.

ne cadre pas avec les relevés oscillographiques effectués sur des tubes à gaz alimentés en courant alternatif.

J'avais eu l'occasion ([2]) d'aborder un problème tout à fait similaire, en essayant d'étudier théoriquement l'excitation par choc de circuits oscillants couplés au moyen d'un éclateur dit à impulsion. J'ai étudié d'abord le cas d'un circuit oscillant isolé, comprenant un éclateur à impulsion.

Pour cette étude, j'ai supposé qu'une fois la décharge amorcée, la tension aux bornes de l'éclateur conserve une valeur constante, tant que le courant ne passe pas par zéro, c'est-à-dire pendant chaque intervalle de temps durant lequel le courant conserve un sens déterminé.

Je distinguerai ici successivement deux cas limites : celui où la self-induction du circuit est négligeable et celui où sa résistance ohmique est très réduite.

I. *Circuit apériodique.* — Si l'on désigne par q la charge de la capacité C au temps t, a la tension constante aux bornes de l'éclateur une fois la décharge amorcée, on peut écrire

$$o = \frac{q}{c} + R\frac{dq}{dt} - a,$$

égalité qui admet comme solution $q = (q_0 - aC)e^{-\alpha t} + aC$, avec $\alpha = 1/RC$, en tenant compte qu'au temps $t = 0$, $q = q_0$.

Comme il fallait s'y attendre, la charge résiduelle est aC.

Quant au courant $i = -dq/dt$, il est donné par $i = \alpha(q_0 - aC)e^{-\alpha t}$.

II. *Circuit périodique.* — Négligeant cette fois la résistance R, nous admettrons que la tension aux bornes de l'éclateur conserve la valeur a' pour un certain sens du courant et a'' pour le sens inverse (éclateur dissymétrique). Dans ces conditions, on obtient aisément (*loc. cit.*) les deux égalités

$$o = q + LC\frac{d^2q}{dt^2} - a'C, \tag{1}$$

$$o = q + LC\frac{d^2q}{dt^2} - a''C, \tag{2}$$

valables à tour de rôle, suivant le sens du courant, pendant l'intervalle de temps considéré [q charge de la capacité C au temps t, L coefficient de self-induction du circuit].

([2]) *Revue générale de l'Électricité*, 3, 6 avril 1918, p. 499.

Considérons maintenant le début de la décharge, en remarquant que pour $t = 0$, on doit avoir $q = q_0$, $i = -dq/dt = 0$.

L'intégrale générale de l'équation (1) est

$$q = a'C + (q_0 - a'C)\cos\Omega t, \tag{3}$$

avec $\Omega^2 LC = 1$, solution qui satisfait aux conditions initiales. Le courant est donc

$$i = \Omega(q_0 - a'C)\sin\Omega t, \tag{4}$$

et son premier maximum vaut en valeur absolue

$$I = (q_0 - a'C)\Omega = (V_0 - a')\sqrt{\frac{C}{L}}, \tag{5}$$

en désignant par V_0 la tension d'allumage Cq_0.

D'après (4), on vérifie que le courant i changera de sens au temps $T/2 = \pi/\Omega$, c'est-à-dire après une demi-période d'oscillation libre. La charge résiduelle sera alors, d'après (3), $-q_0 + 2a'C$ en valeur relative.

Deux cas peuvent alors se présenter :

1° *Cas de l'inégalité*

$$q_0 < 2a'C. \tag{6}$$

La charge résiduelle au temps $T/2$ a alors le même signe que la charge initiale q_0, et pour qu'une nouvelle décharge puisse se produire, il faudrait évidemment que le potentiel explosif correspondant soit supérieur à a'. D'après (6), ceci est impossible, et la décharge cesse donc après une demi-période de durée $T/2$.

2° *Cas de l'inégalité* $q_0 > 2a'c$. — Pour que la décharge continue il faut évidemment qu'à la fin de la demi-période la valeur absolue du potentiel explosif de la charge résiduelle $q_0 - 2a'c$ (cette fois, de signe contraire à celui de q_0) soit supérieure à a''. Partant de là, on peut aisément, au moyen de l'équation (2) et en tenant compte des nouvelles conditions initiales, établir la loi de variation de q et de i au cours de la deuxième demi-période. En continuant ainsi de proche en proche, on démontre sans peine (*loc. cit.*) que la décharge peut comporter p demi-périodes si on a l'inégalité

$$q_0 < (p+1)a'c + pa''c.$$

En tout cas, si on se limite comme M. Laporte à l'étude du premier maximum I donné par la formule (5), ce qui précède suffit pour qu'on puisse discuter l'influence des divers facteurs.

En terminant, je rappellerai que, dans le cas de l'éclateur symétrique, le problème est tout à fait analogue à celui traité par MM. A. Blondel et F. Carbenay ([3]) relativement aux systèmes mécaniques oscillants à amortissement discontinu.

L'étude en question (qui avait fait allusion aussi à la fin à l'arc électrique alternatif discontinu) tient d'ailleurs compte de l'amortissement d'origine visqueuse, et il serait facile, si cela était nécessaire, de compléter à cet égard les équations (1) et (2).

ÉLECTROCHIMIE. — *Au sujet des phénomènes de surtension électrolytique.* Note ([1]) de MM. **Marcel Lemarchands** et **Walter Juda**, présentée par M. G. Urbain.

Il y a plus de cinquante ans que ces phénomènes ont été découverts ([2]). De nombreuses recherches, tant théoriques qu'expérimentales, n'ont pu éclairer leurs causes. L'excès de tension (ou surtension) sous lequel se dégagent les gaz sur une électrode métallique, au-dessus de la tension normale qu'on observerait sur une électrode réversible, varie avec la nature du métal, avec la structure de sa surface, avec la densité de courant sur l'électrode, avec la température, avec la méthode de mesure utilisée. Nous avons montré que les résultats ne sont corrects qu'autant que la mesure de la force électromotrice de la pile formée par l'électrode de recherche et l'électrode normale a lieu à circuit ouvert.

De nombreuses théories ont été émises pour expliquer les causes de la surtension ([3]). Aucune n'est satisfaisante et n'explique l'effet des divers facteurs qui la font varier. Nous proposons une nouvelle explication, basée sur le travail expérimental effectué par l'un de nous en collaboration ([4]).

Lorsqu'une électrolyse quelconque s'accomplit, les électrodes attirent les ions de signe contraire d'autant plus rapidement qu'ils sont plus voisins de l'électrode. Les ions qui se trouvent plus éloignés ne parviendront vers

([3]) *La Lumière électrique*, 31, 27 novembre, 4 et 11 décembre 1915, p. 193, 217 et 241.

([1]) Séance du 2 août 1937.

([2]) Pirani, *Ann. Physik*, 21, 1884, p. 68.

([3]) Glasstone, *Électrochimie des solutions*, 1936, p. 405-412.

([4]) M. Lemarchands et L. Convers, *Annales de l'Université de Lyon*, 3e série, *Sciences*, Section B, 1, 1936, p. 82-118.

l'électrode que plus lentement sous l'influence de la force électrique qui ne les attire plus qu'avec une vitesse constante. Au voisinage de l'électrode, il y aura donc une diminution de concentration des ions et par conséquent, d'après van't Hoff, une différence de potentiel au voisinage de l'électrode, entre celle-ci et la solution qui l'entoure. Si cette d. d. p. est mesurée avec une électrode réversible de référence, plongeant dans l'électrolyte employé, elle représentera précisément ce que les électrochimistes mesurent sous le nom de *surtension*.

Tout ce qui pourra modifier la concentration des ions autour de l'électrode fera varier la *surtension*. Alors s'expliquent très aisément l'influence et le sens d'action des facteurs signalés ci-dessus.

La variation de la surtension avec la densité de courant sur l'électrode où se dégage le gaz est évidente, car à chaque valeur de la densité de courant correspondra une distribution, variable avec le temps, de la concentration des ions autour de l'électrode et par conséquent de la différence de potentiel. L'influence de l'état de la surface est très aisée à saisir : Si l'on emploie une électrode rugueuse au lieu d'une électrode polie, ayant apparemment la même aire, mais offrant en réalité une surface beaucoup plus grande, la densité de courant sera beaucoup plus grande sur l'électrode polie que sur l'électrode rugueuse et la d. d. p. de l'électrode polie avec la solution sera beaucoup plus grande que celle mesurée avec l'électrode rugueuse. On comprend donc que ce soit les électrodes de platine platiné qui possèdent les plus faibles surtensions ([5]).

Si la surface d'une électrode varie au cours de l'électrolyse, si elle devient rugueuse, on voit diminuer sa d. d. p. par rapport à la solution électrolysée ([6]).

La nature du métal de l'électrode a aussi son action : les métaux à faible point de fusion possèdent de hautes surtensions, ils ne prennent que difficilement l'aspect rugueux : c'est le cas du Hg, du Pb, de Sn, du Zn, de l'In, du Cd.

La surtension décroît avec la température, ce qui s'explique, la force électrique d'attraction ne variant pas avec elle, tandis que la viscosité s'abaissant, la vitesse de diffusion croît et l'espace appauvri reçoit plus d'ions. La différence de potentiel entre l'électrode et la solution s'abaisse : on dit que la surtension diminue avec la température.

([5]) Glasstone, *Op. cit.*, p. 395, Tableau LIX.

([6]) Rideal, *J. Am. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 94.

En électrolysant des solutions d'acide sulfurique N/10, N/5, N, avec deux électrodes de platine platiné et en mesurant à circuit ouvert la différence de potentiel cathode (Pt platiné) et électrode de référence Pt platiné, plongeant dans le même électrolyte, nous avons constaté que le potentiel de la cathode croît avec la densité de courant d'une manière rigoureusement proportionnelle. Le phénomène de la surtension joue donc dès que se crée la densité de courant. La surtention décroît à densité de courant constante lorsqu'on passe de N/10 à N, ce qui s'explique entièrement avec notre hypothèse.

Nous poursuivons cette intéressante question.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'orthoarséniate monosodique et sur ses hydrates.* Note [1] de M. **Pierre Genet**, transmise par M. Georges Urbain.

J'ai déterminé les équilibres entre solutions et solides relatifs au système H^2O—AsO^4H^2Na, dans tout l'intervalle de température accessible sous la pression atmosphérique. Jusqu'ici la solubilité de l'arséniate monosodique n'était connue qu'à 0° [2].

La courbe de solubilité (courbe I) comprend six branches. Les solides correspondants sont la glace (AB), les hydrates AsO^4H^2Na, $2H^2O$ (BC), AsO^4H^2Na, $H^2O\,\alpha$(CD), AsO^4H^2Na, $H^2O\,\beta$(DE), AsO^4H^2Na, $1/2H^2O$(EF), et le sel anhydre AsO^4H^2Na(FG). Les six branches se raccordent par le point cryohydratique B, trois points de transition C, E, F, et un point de transformation D, dont les caractéristiques sont les suivantes :

	Phases solides.	Température.	G.AsO^4H^2Na pour 100.
Point cryohydratique B...	Glace — AsO^4H^2Na, $2H^2O$	−21°,1	47,7
Point de transition C......	AsO^4H^2Na, $2H^2O$ — AsO^4H^2Na, $H^2O\,\alpha$	17,3	56,3
Point de transformation D.	AsO^4H^2Na, $H^2O\,\alpha$ — AsO^4H^2Na, $H^2O\,\beta$	53,5	65,2
Point de transition E......	AsO^4H^2Na, $H^2O\,\beta$ — AsO^4H^2Na, $1/2\,H^2O$	70,0	70,6
Point de transition F......	AsO^4H^2Na, $1/2H^2O$ — AsO^4H^2Na	104,3	75,3

(1) Séance du 18 octobre 1937.

(2) Rosenheim et Thon, *Z. anorg. Chem.*, 167, 1927, p. 7; Joly et Dufet, *Bull. Soc. Min.*, 9, 1886, p. 194; Dufet, *Bull. Soc. Min.*, 10, 1887, p. 97; Joly et Dufet, *Comptes rendus*, 102, 1886, p. 1393; L. Selva, *Thèse Univ. Strasbourg*, n° 3, série U, 1935, p. 65.

Les études antérieures ne font intervenir que le di et les monohydrates ([3]).

J'ai reconnu, en accord avec Dufet, l'existence de deux variétés du monohydrate. La branche du monohydrate α, phase solide stable au-dessous de 53°,5, se prolonge en deçà du point C (température 17°,3), jusqu'à 0° au moins (courbe CH). Au-dessous de 17°,3, le monohydrate est en équilibre métastable. La transformation en dihydrate s'amorce d'elle-même, mais elle se fait très lentement, malgré une vive agitation. Ainsi, à 0°, la transformation est totale après 10 jours.

Le monohydrate β, stable entre 53°,5 et 70°, se transforme rapidement en monohydrate α au-dessous de 53°,5. D'après Dufet l'hydrate α serait orthorhombique, et l'hydrate β clinorhombique.

L'hémihydrate possède un grand domaine d'existence comme phase solide (de 70° à 104°,3). Il se forme très facilement à partir du monohydrate et de sa solution saturée dès que la température est élevée au-dessus de 70°. Son existence n'a jamais été signalée.

L'orthoarséniate monosodique anhydre s'obtient facilement par évaporation d'une solution au-dessus de 104°,3. La température normale d'ébullition de la solution saturée (point G) est 118°,4.

La courbe des densités des solutions saturées (II) présente la même allure que la courbe de solubilité, et met en évidence le même nombre de points singuliers.

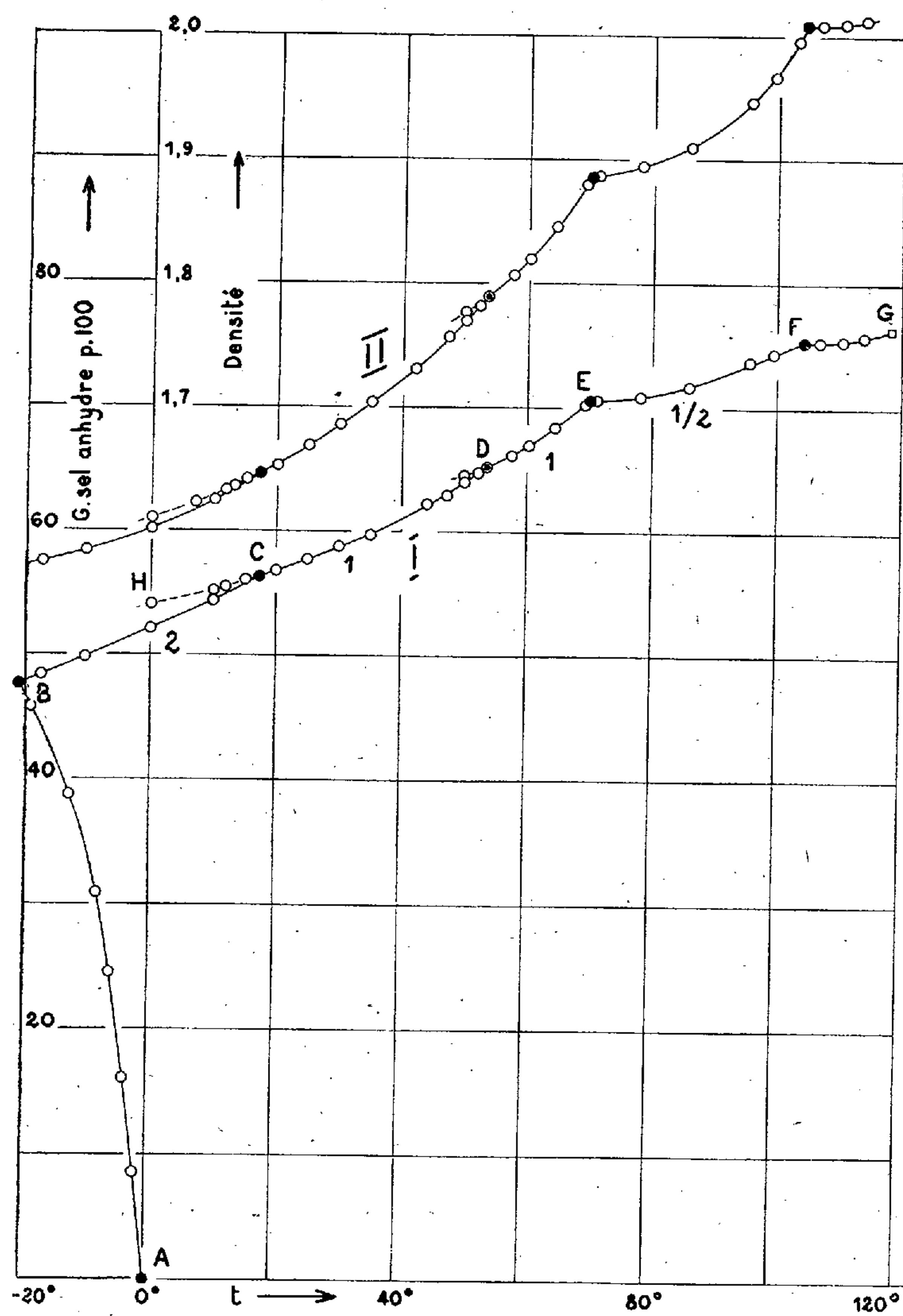
Tous les points remarquables s'obtiennent facilement par analyse thermique, sauf le point de transformation D, pour lequel le phénomène thermique est particulièrement petit.

Comme pour l'orthoarséniate disodique étudié antérieurement ([3]), le travail est rendu difficile par la grande viscosité des solutions, particulièrement aux températures élevées. Ici encore, l'analyse des phases solides est faite directement, la méthode d'extraction permettant de séparer des produits pratiquement secs.

Le sel utilisé est préparé par neutralisation d'une solution d'acide orthoarsénique pur (obtenu en oxydant par de l'acide azotique l'anhydride arsénieux soigneusement purifié) avec de la soude jusqu'à virage au méthylorange.

([3]) ANDRÉ CHRÉTIEN et PIERRE GENET, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 834.

En résumé, j'ai tracé d'une manière complète la courbe de solubilité de l'orthoarséniate monosodique, entre $-21°,0$ (température cryohydra-



tique) et $118°,4$ (ébullition normale de la solution saturée), et délimité les domaines d'existence des six phases solides rencontrées.

J'ai mis en évidence un hémihydrate, composé nouveau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure de deux pentaacétylsorbosides.* Note de M. **Georges Arragon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons préparé deux pentaacétylsorbosides cristallisés en acétylant le tétraacétylsorbose par l'anhydride acétique.

L'un deux s'obtient par acétylation en présence de chlorure de zinc. Il a un pouvoir rotatoire $[\alpha]_{578}^{20} = + 2°,8$ dans le chloroforme et un point de fusion au bloc Maquenne $+ 99°$.

Ce dérivé est identique à celui que nous avons déjà obtenu en acétylant directement le sorbose [1].

Le second pentaacétylsorboside est préparé par acétylation en présence de 2 pour 100 d'acide sulfurique à — 5°. Les rendements sont de 20 pour 100 en dérivé cristallisé ; la majeure partie du tétraacétyle initial est transformée en produits insolubles dans le chloroforme et les solutions aqueuses réduisent fortement à froid la liqueur cupro-potassique.

Le pouvoir rotatoire du nouveau pentaacétylsorboside est, dans le chloroforme, $[\alpha]_{578}^{20} = - 52°,4$; son point de fusion est $+ 95°$. Le taux d'acide acétique est 75,6 pour 100^{mg} de dérivé (calculé 76,9) ; celui du sucre réducteur, 45^{mg},8 (calculé 46,1).

Nous nous sommes assuré que ces deux dérivés pentaacétylés sont effectivement des dérivés du sorbose. Par saponification des groupements acétylés on régénère le sorbose initial. En outre, si l'on méthyle l'un ou l'autre de ces dérivés par la méthode de E. Fischer [2], on obtient dans les deux cas le même méthylsorboside que celui obtenu directement à partir du sorbose.

Les spectres d'absorption dans l'ultraviolet de ces deux pentaacétylsorbosides présentent entre eux une différence remarquable. Seul, en effet, le dérivé déjà décrit ($[\alpha]_{578} = + 2°,8$ et P. F. $+ 99°$) possède une bande d'absorption dans la région de 2700 Å. Cette bande fortement accentuée caractérise la double liaison carbone-oxygène d'une fonction cétonique véritable. Aucun des autres dérivés acétylés du sorbose ne présente cette bande.

Nous avons essayé d'hydrogéner catalytiquement ces deux pentaacétyl-

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1932, p. 1733.
(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 28, 1895, p. 1145 et 1159; G. Arragon, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1231.

sorbosides en solution à 5 pour 100 dans l'alcool méthylique par le nickel de Raney à la pression ordinaire. Seul le pentaacétylsorboside droit ($[\alpha]_{578} = + 2°,8$ et P. F. $+ 99°$), qui présente la bande d'absorption caractéristique de la fonction cétone, est hydrogéné. Le pouvoir réducteur de sa solution disparaît et l'on obtient par acétylation l'hexaacétyl-*d*-iditol, caractérisé par son pouvoir rotatoire $[\alpha]_{578} = - 25°,4$ et son point de fusion $+ 120°$ (³).

Bien que les deux pentaacétylsorbosides obtenus soient préparés à partir du même tétraacétylsorbose et qu'ils donnent par la méthode de E. Fischer le même méthylsorboside, ils ont cependant une structure différente. Nous admettons que le pentaacétylsorboside droit ($[\alpha]_{578} = + 2°,8$) a une fonction cétonique véritable et que le pentaacétylsorboside gauche ($[\alpha]_{578} = - 52°,4$) a une structure cyclique semi-acétalique vraisemblablement pyranique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Tagatose et méthyltagatoside*. Note de Mme **Yvonne Khouvine** et M. **Yoshinori Tomoda**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La structure du *d*-tagatose ne peut être connue actuellement que par celle du diacétone-tagatose préparé par T. Reichstein et W. Bosshard (¹).

Mais on sait que l'acétonisation fait quelquefois glisser le pont oxydique et que, par conséquent, la structure d'un ose n'est pas toujours la même que celle de sa combinaison diacétonée. Aussi, pour qu'il n'y ait pas glissement du pont, avons-nous appliqué au *d*-tagatose les méthodes de méthylation et d'oxydation de Purdie et Irvine et de Haworth qui permettent de déduire d'une manière certaine la structure d'un ose de celle de ses dérivés méthylés.

(³) D'après Gabriel Bertrand, l'hexaacétyl-*d*-iditol fond à $+ 121 - 122°$; $[\alpha]_D^{18}$ en solution chloroformique est $- 25°,65$ (*Comptes rendus*, **139**, 1904, p. 302 et 988).

F. B. Cramer et E. Passu ont publié, pendant le cours de notre travail, une Note sur l'hydrogénation du pentaacétylsorboside droit par l'hydrogène sous une pression de 4^{kg} en présence de platine. Ces auteurs ont obtenu l'hexaacétyl-*d*-iditol et concluent comme nous à la forme cétonique de ce pentaacétylsorboside (*J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 1467).

(¹) *Helv. Chim. Acta*, **17**, 1934, p. 753.

Nous ne donnons ci-dessous que les préparations et les propriétés du *d*-tagatose et du méthyl-*d*-tagatoside.

Nous avons préparé le *d*-tagatose par la méthode de S. Danilow (²), en épimérisant le β-*d*-galactose dans la pyridine sèche. Nous avons suivi la technique de T. Reichstein et, après fermentation du galactose non récupéré, nous avons obtenu dans l'alcool des cristaux de *d*-tagatose. Après plusieurs cristallisations dans l'alcool, le *d*-tagatose fond, au bloc Maquenne, à + 162° et son pouvoir rotatoire est : $\alpha_{578}^{20} = -3°,9$ (H^2O) avec mutarotation.

Si l'on dissout, par exemple, 0g,413 de *d*-tagatose dans 15cm³ d'eau, on lit (20°, tube de 4dm) :

Temps (minutes).........	5.	8.	11.	15.	20-22-25.
Déviation............	+0°,09	−0°,10	−0°,23	−0°,28	−0°,43

Nous nous sommes d'abord assurés que cette mutarotation n'est pas imputable à du galactose non fermenté : le galactose en solution dans l'eau de levure peptonée, avec ou sans tagatose, est entièrement détruit par la race de levure que nous avons utilisée; le traitement du tagatose par le brome ne change pas son pouvoir rotatoire, stable après une vingtaine de minutes; l'hydrolyse du méthyltagatoside donne du tagatose qui présente le phénomène de la mutarotation; enfin le tagatose ne titre pas plus à l'iode que le *d*-sorbose ou le *d*-fructose. Quel que soit, en outre, le solvant employé pour les cristallisations, eau, méthanol, éthanol ou acétone, le *d*-tagatose a toujours de la mutarotation.

D'après la variation de son pouvoir rotatoire et selon la nomenclature de Hudson, nous avons obtenu l'α-*d*-tagatose.

Nous l'avons méthylé par la méthode de E. Fischer. On dissout à chaud 5g,75 d'α-*d*-tagatose dans du méthanol sec. Après refroidissement on ajoute 5cm³ de méthanol à 13,5 pour 100 de ClH gazeux, et l'on complète à 150cm³. On laisse en contact 4-5 heures à 28°. La variation du pouvoir rotatoire est alors maxima et la solution ne réduit plus la liqueur cupropotassique. On neutralise avec CO^3Ag^2, on filtre et l'on distille l'alcool dans le vide. On reprend le sirop par de l'acétone sèche et chaude où il se dissout entièrement et très facilement. On distille l'acétone dans le vide jusqu'à ce que la solution se trouble à chaud, on laisse refroidir, on amorce

(²) S. Danilow, E. Verius-Danilowa et P. Schantarowisch, *Ber. d. chem. Ges.*, 63, 1930, p. 2269.

et l'on met à la glacière. On obtient $3^g,7$ de belles tablettes. Les eaux mères concentrées en laissent encore déposer 1^g environ. Le rendement est donc à peu près de 80 pour 100. Après deux cristallisations dans l'acétone, le méthyltagatoside fond, au bloc Maquenne, à $+128°$. Son pouvoir rotatoire dans le méthanol est $\alpha_{578}^{20} = +56°,8$, et la dispersion rotatoire, dans ce même solvant, $N\alpha 436/\alpha 546 = +106°,25/+64°,26 = +1,653$. Son pouvoir réducteur est nul. Le taux de méthoxyle (micro Zeisel) est de 16,44 pour 100 (calculé, 15,98 pour 100).

Si l'on méthyle l'α-*d*-tagatose en chauffant 10 minutes au bain-marie bouillant, on obtient un sirop réducteur qui, traité par l'acétone, cristallise très peu. Il est vraisemblable qu'il y a eu isomérisation.

Par hydrolyse acide du méthyltagatoside on obtient l'α-*d*-tagatose. L'émulsine est sans action sur le méthyltagatoside et n'en fait pas la synthèse à partir du tagatose et du méthanol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les diméthyloxindoles*. Note de MM. **André Wahl** et **Victor Livovschi**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous (¹) a fait connaître que les diméthyl-5.7 et diméthyl-4.7-oxindoles décrits par lui présentent bien les réactions normales que l'on pouvait en attendre; ils avaient été préparés en cyclisant par Cl^3Al les dérivés chloroacétylés de la méta et de la paraxylidine.

Imaginée par Stollé (²), cette réaction apparaissait jusqu'ici comme une méthode, fournissant des homologues de l'oxindole de constitution certaine. Mais les faits que nous allons décrire nous semblent de nature à rendre cette certitude moins absolue.

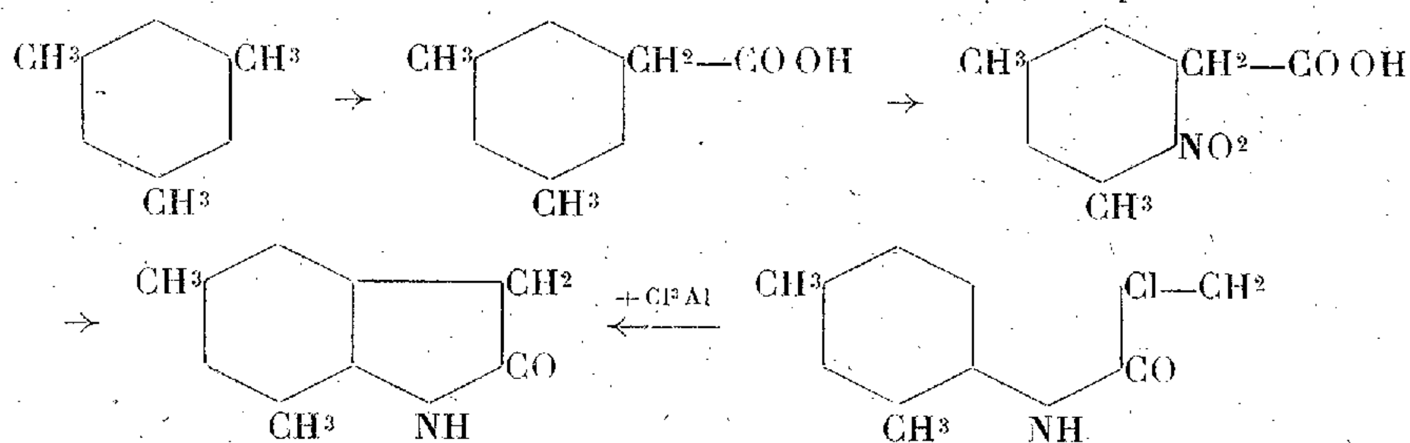
On trouve, parmi les composés isomères du diméthyloxindole $C^{10}H^{11}ON$, un produit décrit par Wispek (³), en 1883, sous le nom de *Carbomesyl*. D'après son mode d'obtention, il devrait être identique avec le diméthyl-5.7-oxindole; or l'expérience nous a montré qu'il en est différent. Afin de déterminer la cause de cette différence, nous avons d'abord répété les réactions de Wispek. Le triméthyl-1.3.5-benzène (mésitylène) est

(¹) Voir Livovschi, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1265.
(²) *Ber. d. chem. Ges.*, 47, 1914, p. 2120.
(³) *Ber. d. chem. Ges.*, 16, 1883, p. 1577.

bromé dans la chaîne latérale, Br remplacé par CN et le nitrile, hydrolysé en acide diméthyl-3.5-phénylacétique I.

Celui-ci est nitré puis réduit; la réduction s'accompagne d'une déshydratation et fournit des cristaux incolores, F. 234°.

Nos analyses confirment celles de Wispek; la cryoscopie, dans l'acide acétique, donne un poids moléculaire de 158 et la formule $C^{10}H^{11}ON$ exige 161. Sa constitution, déduite de ces transformations, est celle du diméthyl-5.7-oxindole, lequel doit également résulter de la cyclisation de la chloroacétylmétaxylidine par Cl^3Al. Cette réaction donne bien un composé de formule $C^{10}H^{11}ON$, mais il fond à 153° et, si les deux composés réagissent comme des oxindoles, les dérivés qu'ils forment sont cependant différents.



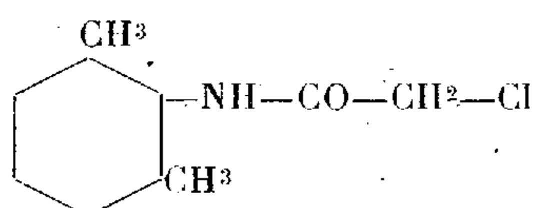
On est ainsi amené à se demander si l'une ou l'autre de ces deux séries de réactions ne s'accompagne pas d'une isomérisation et quelle peut en être la nature.

Afin d'essayer de localiser une telle anomalie, nous avons préparé l'acide diméthyl-phényl-acétique par le magnésien du bromure de mésityle et CO^2. Mais il est idendique avec celui que donne l'hydrolyse du cyanure et fond à 101°.

Il ne peut pas s'être produit un déplacement du COOH analogue à celui qu'on a déjà constaté pour le groupe CH^2OH dans la synthèse des alcools, avec les organomagnésiens de Grignard, car on aurait obtenu l'acide triméthyl-2.4.6-benzoïque qui fond à 154°.

Puisque rien ne permet de douter que le carbomésyl est bien du diméthyl-5.7-oxindole, c'est que, sans doute, la cyclisation de Stollé a dû suivre un cours anormal. Elle aurait pu se faire par l'intermédiaire du groupe CH^3 voisin, en donnant du méthyldihydrocarbostyrile. Celui-ci est inconnu, mais nous avons constaté que le dihydrocarbostyrile, homologue inférieur, ne réagit pas avec les aldéhydes et se différencie ainsi des oxindoles.

Il reste à envisager une transposition moléculaire qui serait provoquée par le chlorure d'aluminium, comme le déplacement d'un CH^3 par exemple. De telles isomérisations ont déjà été observées souvent, mais pour nous rendre compte qu'elle est possible dans le cas qui nous occupe, nous nous sommes adressés à la chloroacétylmétaxylidine vicinale (diméthyl-1.3 amino-2 benzène)



dont la cyclisation en diméthyloxindole ne pourrait pas se faire sans déplacement d'un des CH^3. Effectivement nous avons constaté par l'action de Cl^3Al, la formation d'un composé cristallisé blanc F. 170°, dont l'analyse conduit à la formule $C^{10}H^{11}ON$, d'un diméthyloxindole, qui se condense avec la benzaldéhyde et donne un dérivé benzylidénique en aiguilles jaunes F. 212°.

Ainsi, bien que la position des groupes méthyle ne soit pas déterminée, la migration de l'un d'eux, au moins, semble nécessaire, et cet ensemble de faits nous incite à faire des réserves sur la véritable constitution des deux composés décrits comme diméthyl-4.7 et diméthyl-5.7 oxindoles, qui ont été préparés au moyen du chlorure d'aluminium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Hydrogénation des photooxydes.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Jean Houpillart**, présentée par M. Marcel Delépine.

a. L'hydrogénation des photooxydes offre un moyen sûr de contrôler l'exactitude de leur formule par la nature des composés résultants. Nous avons soumis à l'action de l'hydrogène, par catalyse au nickel Raney, quatre des plus typiques parmi les photooxydes actuellement connus, ce sont ceux du naphtacène, I, du tétraphénylnaphtacène (ancien rubrène), II, de l'anthracène, III, et du mésodiphénylanthracène, IV.

Le premier seul, I, a donné une réaction irrégulière, due sans doute à ce que le terme initial de l'hydrogénation est plus sensible à la réduction que le peroxyde originel. Avec ce composé, la vitesse d'absorption de l'hydrogène ne baisse pas quand une molécule de gaz a été absorbée; de plus, à ce moment-là, une grande partie du peroxyde est encore inaltérée.

Les trois autres corps, II, III, IV, au contraire, fixent nettement une molécule d'hydrogène en donnant le diquinol correspondant, par rupture de la liaison entre les deux atomes d'oxygène, IX($R = H$ ou C^6H^5). Les produits ainsi obtenus sont : le dihydroxy-9.10-dihydro-9.10-tétraphényl-9.10.11.12-naphtacène ($C^{42}H^{30}O^2$), fondant instantanément à 308-309°, le dihydroxy-9.10-dihydro-9.10-diphényl-9.10-anthracène ($C^{26}H^{20}O^2$), fondant instantanément à 195-196°, et enfin le dihydroxy-9.10-dihydro-9.10-anthracène ($C^{14}H^{12}O^2$), fondant vers 195°.

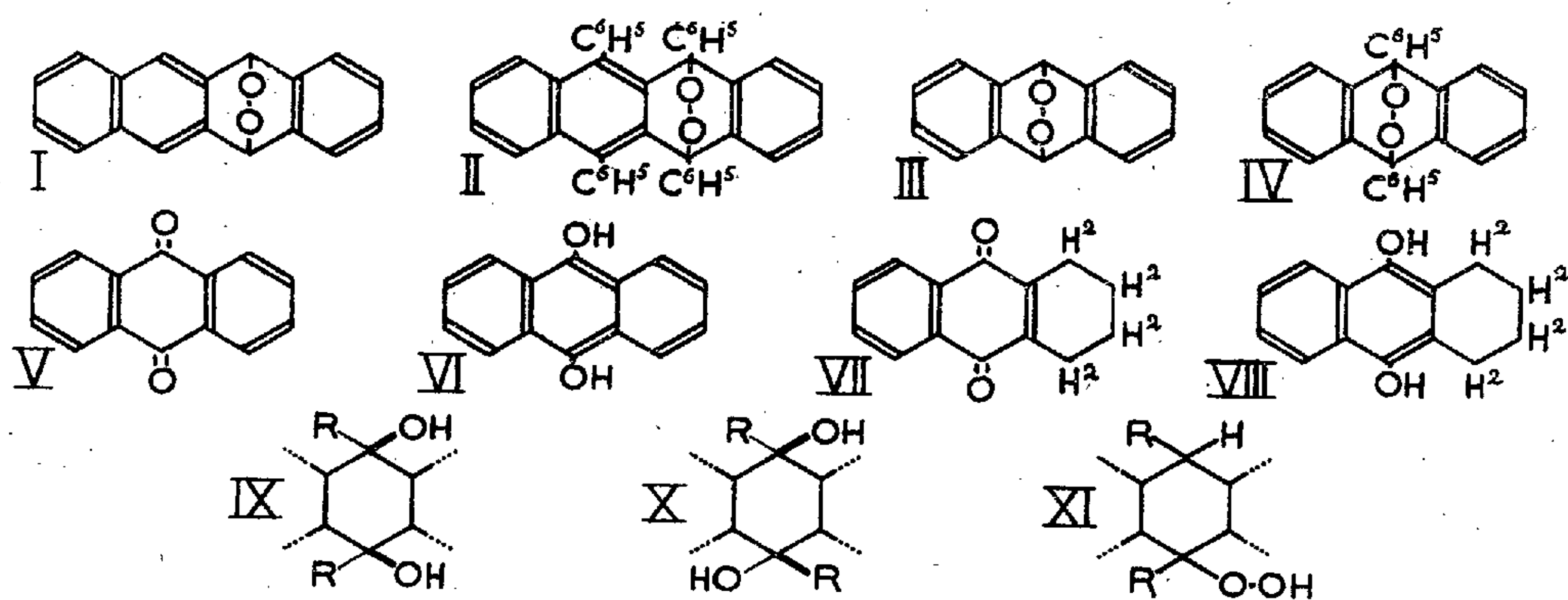
Ces diquinols peuvent exister sous deux formes stéréoisomères, IX et X, effectivement décrites antérieurement pour ceux du tétraphénylnaphtacène [(1), (2)] et ceux du diphénylanthracène [(3), (4)]; pour l'anthracène simple, seul est connu l'un des quinols (5). Les isomères que nous avons isolés dans l'hydrogénation des photooxydes sont identiques, respectivement, le premier, au diquinol dérivant de la réduction du photooxytétraphénylnaphtacène par le réactif de Grignard (1), le deuxième, au diquinol diphénylanthracénique nouveau, formé par oxydation permanganique de l'hydrocarbure (4). Quant au corps dérivé du photooxyanthracène, son identification est moins nette : il a la composition centésimale d'un diquinol anthracénique, mais il est trop altérable à chaud pour que son point de fusion suffise à le caractériser. Cependant, comme cette fusion ressemble à celle de l'anthracènediquinol, décrit par Prévost (5), nous considérons provisoirement les deux composés comme identiques.

b. Cette dernière conclusion eût été plus formelle, si l'on avait connu le second anthracènediquinol stéréoisomère. Nous nous sommes demandé s'il ne prendrait pas naissance par hydrogénation de l'anthraquinone, V. Cette réaction a déjà fait, on le sait, l'objet de travaux nombreux et variés qui n'ont pas laissé entrevoir la formation du diquinol. Néanmoins, nous avons tenu à essayer la catalyse au nickel Raney suivant la méthode récente de Delépine et Horeau (6), en présence d'alcalis. Dès les débuts de l'opération, comme on doit s'y attendre avec toute réduction en milieu alcalin, il apparaît une coloration rouge, teinte des sels de l'anthrahydroquinone, VI. Mais, chose moins attendue, cette couleur ne disparaît pas;

---

(1) CH. DUFRAISSE et M. BADOCHE, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 63.
(2) CH. DUFRAISSE et L. VELLUZ, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1905.
(3) A. HALLER et A. GUYOT, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **31**, 1904, p. 795.
(4) CH. DUFRAISSE et J. LE BRAS, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **4**, 1937, p. 1037.
(5) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 408.
(6) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **4**, 1937, p. 31.

elle ne faiblit même pas, quel que soit le volume d'hydrogène absorbé. La réaction, d'abord rapide, se ralentit peu à peu pour devenir très lente quand 3 molécules de gaz ont été consommées. On en retire un corps jaune que sa composition centésimale ($C^{14}H^{12}O^{2}$) et son point de fusion (158°) permettent d'identifier à la tétraméthylènenaphtoquinone, VII. La couleur rouge persistante est probablement celle du sel de la tétraméthylènenaphtohydroquinone, VIII, correspondant à 3 molécules d'hydrogène. Si ce n'est pas cet hexahydrure que l'on isole, c'est parce que son sel, aussi oxydable que celui de l'anthrahydroquinone, VI, donne instantanément la



quinone, VII, dès le contact avec l'air. Nous avons d'ailleurs vérifié que, comme l'anthraquinone, le corps jaune obtenu donnait une solution alcaline rouge en présence d'un réducteur, tel l'hydrosulfite. L'hydrogène s'est donc porté uniquement sur l'un des benzos latéraux et non sur les mésosommets; par suite, il n'y a pas à espérer d'obtenir de diquinol anthracénique par cette voie.

c. Pour en revenir aux hydrures des photooxydes, leur identification à des diquinols est un argument direct en faveur de la formule mésoendoperoxydique proposée pour les photooxydes initiaux, puisque, après addition d'hydrogène, les deux atomes d'oxygène sont trouvés exactement aux places que leur assigne cette constitution.

La nature de la réaction intervenue ne laisse guère de doute, non plus, sur son mécanisme : l'hydrogène se glisse évidemment entre les deux oxygènes qu'il sépare et sature simultanément, IX. Peut-être pourrait-on, à la rigueur, imaginer aussi une pénétration entre carbone et oxygène, XI, avec formation intermédiaire d'un hydroperoxyde, —O—OH, lequel réagirait ensuite en oxydant le mésosommet qui a été hydrogéné du même coup.

Mais ce processus compliqué s'accorde mal avec la production d'un quinol fragile et qui ne se forme pas directement par les oxydants, comme celui de l'anthracène simple ([5]). Malgré tout, bien que peu probable, il le demeure encore assez pour empêcher d'affirmer la structure *cis* des hydroxydes, tout en restant, comme l'autre mécanisme, en faveur de la formule actuelle des photooxydes, avec oxygène pontal entre méso-sommets.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De la répartition du manganèse et du fer dans les conifères de la province de Québec.* Note de MM. **Paul Riou**, **Gérard Delorme** et **Hormisdas Gamelin**, transmise par M. Paul Lebeau.

Nous avons complété notre étude sur la répartition du manganèse et du fer dans les conifères du Québec ([1]), en dosant ces métaux dans le mélèze (*Larix laricinia*), les épinettes blanche (*Picea glauca*) et noire (*Picea mariana*), le genévrier commun (*Juniperus communis*), le savinier (*Juniperus horizontalis*) et le buis (*Taxus canadensis*). Bien que les trois dernières essences ne dépassent que rarement les dimensions d'arbrisseaux ou d'arbustes, nous les avons incluses dans notre étude pour qu'elle soit complète. Les échantillons analysés proviennent des mêmes régions que celles qui ont fourni les autres essences déjà étudiées.

La méthode d'analyse est la même que celle que nous avons déjà indiquée dans nos deux Notes précédentes. Nous avons dosé le manganèse au persulfate et le fer au sulfocyanure de potassium. Les résultats que nous exprimons ci-dessous sont basés sur la matière séchée à l'étuve.

	Cendres.	Fer.	Manganèse.	Fer et manganèse.
Mélèze (Larix laricinia).				
	%	%	%	%
Écorce..........	2,85	0,0100	0,0417	0,0517
Rameaux........	2,15	0,0205	0,0298	0,0503
Feuilles.........	3,55	0,0179	0,0470	0,0649
Aubier..........	0,43	0,0019	0,0098	0,0117
Cœur.........	0,42	0,0016	0,0114	0,0130
Fruits..........	1,55	0,0200	0,0077	0,0277

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1811, et 203, 1936, p. 688.

	Cendres.	Fer.	Manganèse.	Fer et manganèse.
	Épinette noire (Picea mariana).			
	%	%	%	%
Écorce..........	2,65	0,0077	0,0430	0,0507
Rameaux........	2,34	0,0231	0,0300	0,0531
Feuilles.........	3,00	0,0123	0,0590	0,0713
Aubier..........	0,46	0,0019	0,0131	0,0150
Cœur...........	0,35	0,0020	0,0160	0,0180
Fruits..........	0,76	0,0073	0,0055	0,0128
	Épinette blanche (Picea glauca).			
Écorce..........	3,29	0,0094	0,0276	0,0370
Rameaux........	2,99	0,0234	0,0258	0,0492
Feuilles.........	3,44	0,0116	0,0377	0,0493
Aubier..........	0,45	0,0024	0,0075	0,0099
Cœur...........	0,35	0,0017	0,0081	0,0098
Fruits..........	1,40	0,0150	0,0072	0,0222

L'épinette noire, espèce qui contient le plus de manganèse, montre une préférence marquée pour les terrains humides et acides. Cette espèce est suivie de près par le mélèze qui, lui aussi, préfère un habitat humide. L'épinette blanche contient moins de manganèse que les deux autres. On la trouve sur des terres plus élevées et plus sèches. Sauf dans les fruits, la teneur en manganèse est supérieure à celle du fer dans toutes les parties de l'arbre de chacun de ces genres.

Les feuilles de ces arbres sont toujours les parties les plus riches en manganèse.

	Cendres.	Fer.	Manganèse.	Fer et manganèse.
	Genévrier commun (Juniperus communis).			
	%	%	%	%
Écorce..........	3,56	0,0263	0,0052	0,0315
Rameaux........	3,97	0,0254	0,0117	0,0371
Feuilles.........	3,51	0,0283	0,0317	0,0600
Bois............	0,27	0,0015	0,0036	0,0051
Fruits..........	2,99	0,0143	0,0121	0,0264
	Savinier (Juniperus horizontalis).			
Écorce..........	5,52	0,0250	0,0100	0,0350
Rameaux........	3,17	0,0105	0,0130	0,0305
Feuilles.........	4,56	0,0150	0,0450	0,0600
Bois............	0,38	0,0020	0,0035	0,0055
Fruits..........	3,82	0,0090	0,0140	0,0230

	Cendres.	Fer.	Manganèse.	Fer et manganèse.
	Buis (Taxus canadensis).			
	%	%	%	%
Écorce..........	4,37	0,0400	0,0364	0,0764
Rameaux........	3,23	0,0236	0,0318	0,0554
Feuilles.........	4,04	0,0224	0,0494	0,0718
Bois............	0,35	0,0021	0,0140	0,0161

De l'ensemble de notre étude sur les conifères du Québec, il se dégage nettement les faits suivants :

1° Toutes les parties des conifères contiennent du manganèse, sauf dans le bois de cœur du cèdre.

2° Les espèces qui en contiennent le plus croissent dans des régions humides et acides. Le cèdre, espèce très pauvre en manganèse, croît très bien dans un sol calcaire.

3° Ce sont les feuilles qui, dans toutes les espèces, ont la teneur en manganèse la plus élevée.

4° Il existe un antagonisme marqué entre les teneurs en fer et en manganèse dans certaines limites de concentrations. Une variation dans la teneur en manganèse produit une variation en sens inverse dans la teneur en fer.

5° Il y a un rapport marqué entre la teneur en manganèse des différents conifères et leur association en forêt.

GÉNÉTIQUE. — *Contribution à l'étude génétique du Phénomène de Buller.* Note de M. **Aurelio Quintanilha**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nous appelons *Phénomène de Buller*, en hommage au botaniste canadien qui l'a découvert ([1]), le phénomène de la diploïdisation d'un mycélium primaire d'Hyménomycète par un mycélium secondaire. Pour les formes hétérothalliques bipolaires il n'y a qu'une seule possibilité, celle des confrontations compatibles $\left(\boxed{\mathrm{A}}/\mathrm{A}+a\right)$. Tandis que pour les formes tétrapolaires il y a des confrontations compatibles $\left(\boxed{a\mathrm{B}}/\mathrm{A}b+a\mathrm{B}\right)$, et des confrontations incompatibles $\left(\boxed{a\mathrm{B}}/\mathrm{AB}+ab\right)$.

Buller avait déjà pu constater que, pour les formes tétrapolaires, les

([1]) *Researches on Fungi*, Vol. IV, Chap. II, 1931.

deux types de confrontations engendraient toutes deux des mycéliums secondaires, qui fructifiaient et donnaient à la génération suivante, exactement comme les fructifications normales, les quatre groupes « sexuels » (AB, *ab*, A*b*, *a*B).

Différentes hypothèses ont été émises pour expliquer ce phénomène ([2]). Mais, aussi bien les hypothèses de Buller que celles de Rawitscher et la nôtre elle-même, n'étaient que des spéculations théoriques. Ce n'est que tout récemment que Dickson ([3]) s'est occupé expérimentalement du Phénomène de Buller, en proposant, d'après ses recherches, de nouvelles explications.

Dickson admet que, dans les confrontations compatibles, soit dans les formes bipolaires $\left(\boxed{\mathrm{A}}/\mathrm{A}+a\right)$, soit dans les formes tétrapolaires $\left(\boxed{a\mathrm{B}}/\mathrm{A}b+a\mathrm{B}\right)$, se forment toujours, après la diploïdisation, deux types de dicaryons : d'une part les dicaryons du mycélium secondaire qui traversent le mycélium primaire et s'y multiplient (A + *a*, ou A*b* + *a*B), et d'autre part de nouveaux dicaryons, formés par association d'un noyau haploïde du mycélium primaire et d'un noyau complémentaire venu du mycélium secondaire $\left(\boxed{\mathrm{A}}+a \text{ ou } \boxed{a\mathrm{B}}+\mathrm{A}b\right)$.

Pour les confrontations incompatibles $\left(\boxed{a\mathrm{B}}/\mathrm{AB}+ab\right)$ Dickson admet l'existence, dans les fructifications développées sur le mycélium primaire diploïdisé, de deux types de basides : les unes binucléées, ont reçu leurs deux noyaux (AB + *ab*) du mycélium secondaire; les autres, apogamiques, ont reçu leur seul noyau $\left(\boxed{a\mathrm{B}}\right)$ du mycélium primaire. Ces fructifications seraient donc des *chimaeres*, analogues à celles que nous avons trouvées dans nos copulations illégitimes ([4]) et devaient produire trois types de tétrades : tétracrates, dicrates et monocrates.

Malheureusement, Dickson n'a jamais fait d'analyses de tétrades. Et, d'autre part, les caractères qu'il a étudiés, aspect morphologique des mycéliums, rythme de croissance, se prêtent mal à une analyse génétique rigoureuse; aussi ne sommes-nous pas convaincu que leur hérédité soit démontrée, à la seule lumière des recherches de l'auteur.

Nous nous sommes occupé, simultanément avec Dickson, de ce même

---

([2]) Buller, *loc. cit.*; F. Rawitscher, *Zeitschr. f. Bot.*, 36, 1933, p. 136; A. Quintanilha, *Bol. Soc. Broter.*, 8, 1933, p. 85.

([3]) H. Dickson, *Ann. of Bot.*, 48, 1934, p. 542; 49, 1935, p. 199; 50, 1936, p. 239; 50, 1936, 719.

([4]) A. Quintanilha, *Bol. Soc. Broter.*, 10, 1935, p. 9.

phénomène de Buller; mais nous avons eu soin de n'utiliser que des caractères dont l'hérédité était absolument établie (facteurs d'incompatibilité), le mécanisme de transmission héréditaire étant lui-même bien connu. Nous avons, en outre, toujours effectué des analyses de tétrades et introduit, autant que possible, des facteurs d'incompatibilité différents dans les noyaux du mycélium primaire et du mycélium secondaire, de façon à pouvoir suivre rigoureusement les uns et les autres grâce aux gènes dont ils sont porteurs. Nous donnons aujourd'hui les premiers résultats obtenus, lesquels répondent déjà à quelques-unes des questions soulevées.

Pour les confrontations compatibles nous avons fait diploïdiser un mycélium primaire (ab) de *Coprinus fimetarius* Fries par un mycélium secondaire ($A_1 B_1 + AB$). Les six facteurs utilisés sont tous différents et chaque noyau du mycélium secondaire est compatible avec les noyaux du mycélium primaire. Celui-ci, après la diploïdisation, a engendré des fructifications normales. 28 tétrades ont été analysées, outre grand nombre de tétrades incomplètes et de spores isolées. Toutes les tétrades étudiées étaient, ou bien tétracrates ($Z = A_1B_1,\ ab,\ A_1 b,\ aB_1$), ou bien dicrates ($X = 2\,A_1 B_1 + 2\,ab$, $Y = 2\,A_1\,b + 2\,aB_1$), dans la proportion de $16Z:8X:4Y$. Elles provenaient donc toutes de basides du même type, à deux noyaux, un du mycélium primaire (ab), un autre du mycélium secondaire ($A_1 B_1$). Le second noyau du mycélium secondaire (AB) ne prend pas part à la formation des basides. Contrairement à ce que Dickson a cru pouvoir démontrer, dans le mycélium diploïdisé d'une confrontation compatible il n'y a qu'un seul type de dicaryons; un seul noyau du mycélium secondaire passe dans le mycélium primaire pour le diploïdiser.

Pour les confrontations incompatibles nous avons commencé par faire diploïdiser un mycélium primaire (AB) par un mycélium secondaire (Ab + aB). La diploïdisation se fait d'une façon irrégulière, à la manière décrite par Buller, et progresse plus lentement que dans le cas des confrontations compatibles. Les fructifications obtenues sur le mycélium diploïdisé étaient tout à fait normales. 41 tétrades ont été analysées ($19\,Z : 9\,X : 13\,Y$). Pas une seule tétrade monocrate n'a été trouvée ! Contrairement à ce que Dickson a cru établir, les noyaux haploïdes du mycélium primaire ne donnent pas naissance à des basides apogames. Ici encore toutes les basides sont du même type, toutes possèdent deux noyaux. Après la caryogamie le noyau diploïde de la baside a toujours la même constitution (Aa, Bb). Pour ce qui est de l'origine des dicaryons de ces basides d'autres expériences sont en cours qui permettront de choisir entre les différentes hypothèses en présence, celles de Buller, de Rawitscher et la nôtre.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le rapport calcium/phosphore dans le tissu cutané et dans le sang du lapin au cours de la croissance.* Note de M. **Jules Alquier** et de Mlle **Andrée Michaux**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Dans une étude des rapports Ca/P déterminés dans les *fémurs* de lapins, nous avons montré que les rapports très dissemblables trouvés chez les nouveau-nés issus de portées différentes se rapprochent progressivement au cours de la croissance et deviennent pratiquement égaux au bout de deux mois (¹). Ayant poursuivi, exactement dans les mêmes conditions que précédemment, l'étude du rapport Ca/P dans le *tissu cutané* et dans le *sang* des lapins mis en expérience, nous avons obtenu les résultats suivants :

La supériorité des pourcentages calciques des *peaux* de la portée noire et blanche I sur ceux de la portée grise II constatée immédiatement après la naissance s'affirme davantage au cours du développement. Les pourcentages en phosphore, d'abord très élevés, diminuent constamment chez tous les animaux. Il en résulte que *les rapports* Ca/P *de ce tissu étant égaux à* 0,11 *chez les nouveau-nés des deux portées se différencient assez rapidement. L'écart, déjà sensible le vingtième jour, s'accentue encore dans les périodes suivantes ; les rapports trouvés à la fin de la croissance sont respectivement égaux à* 0,51 *et à* 0,35.

Dans le sang frais, les teneurs centésimales calciques relativement élevées jusqu'au vingtième jour ($0^g,015$-$0^g,017$) diminuent et deviennent constantes dès le premier mois ; c'est à ce moment que les taux phosphorés présentent, dans les deux portées, un maximum ($0^g,061$ pour 100^g de sang frais).

Ainsi s'explique l'abaissement continu du rapport Ca/P *du sang depuis la naissance* (0,34) *jusqu'à la fin du premier mois, où les minima atteints dans les deux portées sont égaux à* 0,18 *et* 0,15. *Par suite de la diminution des teneurs centésimales en phosphore, les rapports obtenus dans le sang à la fin de la croissance augmentent légèrement, se rapprochant ainsi de ceux que nous avons calculés chez les lapins adultes* (0,22).

Quels que soient les résultats trouvés dans les divers tissus étudiés, *il faut*

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 177.

noter la grande harmonie que montre l'ensemble des rapports déterminés chez tous les lapins d'une même portée. Ceux-ci semblent réagir comme un seul organisme qui, au cours de la croissance, par suite d'interventions de nature endogène ou exogène (développement de certains organes, glandes endocrines, etc., changement de l'alimentation), subit des modifications lentes et progressives de la composition chimique de ses tissus.

Ages des animaux.	Poids des animaux.	Teneurs pour 100g de peau sèche		Rapports Ca/P de la peau.	Teneurs pour 100g de sang frais		Rapports Ca/P du sang.
		en calcium.	en phosphore.		en calcium.	en phosphore.	
			Portée I.				
0 jour...	68g	0g,115	1g,022	0,11	0g,015	0g,044	0,34
16 » ...	372	0,129	0,470	0,27	0,014	0,052	0,27
30 » ...	760	0,110	0,314	0,35	0,011	0,060	0,18
65 » ...	1730	0,150	0,295	0,51	0,011	0,052	0,21
			Portée II.				
6 » ...	109	0,092	0,816	0,11	–	0,048	–
20 » ...	360	0,107	0,491	0,22	0,017	0,048	0,35
34 » ...	825	0,072	0,361	0,20	0,009	0,061	0,15
68 » ...	1900	0,063	0,181	0,35	0,010	0,053	0,19
			Adultes.				
	3500	0,052	–	–	0,011	0,049	0,22
	4700	0,060	0,192	0,31	0,011	0,050	0,22

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la stabilisation de quelques plantes à acide cyanhydrique.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les feuilles de laurier-cerise projetées dans l'alcool bouillant donnent des colatures qui présentent une odeur d'acide cyanhydrique. Nous avons cherché à élucider ce phénomène.

Nous avons constaté que des effets de stabilisation effectués sur un même échantillon dans des liquides différents, eau, alcool, acétone, libèrent des quantités différentes d'acide cyanhydrique. Celles-ci sont accompagnées d'aldéhyde benzoïque en proportion équimoléculaire. D'autre part, nous avons trouvé d'autant plus de sucre réducteur dans la colature qu'il y a plus

d'acide cyanhydrique mis en liberté. Il ne s'agit donc pas d'acide cyanhydrique à l'état libre dans la plante : nous sommes en présence d'une hydrolyse partielle de l'amygdonitrileglucoside des feuilles de laurier-cerise au cours de leur stabilisation.

Cette hydrolyse ne résulte pas de l'acidité de la colature. Si l'alcool bouillant est préalablement additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique, la quantité d'acide cyanhydrique trouvée n'est pas plus élevée que si l'alcool était neutre. A 500^{cm^3} de colature stabilisée correspondant à 50^g de feuilles de laurier-cerise, nous pouvons ajouter 4^{cm^3} d'acide sulfurique sans provoquer la moindre formation d'acide cyanhydrique après une heure d'ébullition. Après neutralisation, l'émulsine permet de retrouver la totalité de l'acide cyanhydrique.

L'hydrolyse observée plus haut est d'origine diastasique. La projection des feuilles dans le liquide bouillant ne détruit pas immédiatement les diastases. En projetant de la poudre d'amandes douces (riche en émulsine) dans une colature bouillante stabilisée renfermant de l'amygdonitrileglucoside, nous constatons la formation d'acide cyanhydrique.

Des essais de stabilisation effectués sur 25^g de feuilles fraîches de laurier-cerise récoltées en mai et renfermant $0^g,170$ HCN pour 100 nous ont donné les pertes suivantes d'acide cyanhydrique ;

Dans l'acétone bouillant	(56°).....	$0^g,064$ %;	dans sa vapeur......	$0^g,120$
Dans l'alcool à 95° bouillant	(80°).....	0 ,034 %;	dans sa vapeur......	0 ,048
Dans l'eau bouillante	(100°).....	0 ,016 %;	dans sa vapeur......	0 ,028

Ces résultats montrent que l'hydrolyse est d'autant plus faible que la température est plus élevée. Les pertes d'acide cyanhydrique sont plus grandes dans la vapeur que dans le liquide correspondant; cela s'explique aisément car la vapeur se condense à la surface des feuilles lors de leur chauffage. Les diastases ne sont pas totalement détruites après 20 minutes d'ébullition dans l'alcool; si la colature obtenue est privée d'acide cyanhydrique par une distillation, elle en renfermera de nouveau après avoir été abandonnée pendant quelque temps, 20 minutes d'ébullition dans l'eau détruisent totalement les diastases.

Pour le laurier-cerise, les pertes d'acide cyanhydrique varient avec les organes et avec la saison. Très élevées pour les rameaux et les feuilles, elles ont été presque nulles pour les fleurs et les fruits. Ces pertes sont considérables en avril, faibles en août; l'activité diastasique semble être très grande, au printemps, dans les jeunes feuilles.

De semblables phénomènes s'observent pour d'autres plantes à HCN, à des degrés très divers. Ils sont vraisemblablement en rapport avec la quantité de diastase que renferme la plante, sa répartition plus ou moins favorable à une hydrolyse, la nature des tissus végétaux plus ou moins perméables au solvant, leur hydratation, etc. La stabilisation des tourteaux d'amandes amères dans l'alcool bouillant ne met pas en liberté une quantité sensible d'acide cyanhydrique. Il en est de même pour les rameaux, feuilles et fruits du *Cotoneaster bacillaris* Wall., pour les fruits mûrs de *C. salicifolia* Franch. Par contre, nous avons observé une libération importante d'acide cyanhydrique en stabilisant des rameaux de *C. integerrima* Med.

Pour doser l'acide cyanhydrique dans une plante, il ne suffit donc pas d'effectuer le dosage sur la colature stabilisée; il faut évaluer la perte au cours de la stabilisation. Nous utilisons aussi la méthode suivante : 25g de plante sont mis dans 200cm³ d'eau froide; celle-ci est portée à l'ébullition pendant 20 minutes, dans un appareil distillatoire; l'acide cyanhydrique est dosé, d'une part dans le distillat, d'autre part dans la colature après action de l'émulsine. Nous connaissons ainsi le HCN total. Voici quelques résultats obtenus, exprimés pour 100g de plante :

	HCN du distillat.	HCN total.	Rapport.
	g	g	
Rameaux de *Prunus acuminata* Hook.....	0,003	0,022	0,1
» *Cotoneaster integerrima* Med.	0,030	0,037	0,8
Feuilles de *Prunus laurocerasus* L.......	0,146	0,204	0,7
» *Cotoneaster bacillaris* Wall...	0,024	0,114	0,2

Le rapport HCN du distillat/HCN total donne une indication sur l'activité diastasique de la plante. Il permet de comparer des plantes différentes.

PARASITOLOGIE. — *Recherches sur l'évolution des Cestodes de Gallinacés.* Note de MM. **Charles Joyeux** et **Jean-Georges Baer**, présentée par M. Félix Mesnil.

I. *Raillietina* (*Skriabinia*) *cesticillus* (Molin, 1858). — Le cycle évolutif de ce Cestode a été étudié par E. Cram et M. F. Jones aux États-Unis, par R. Wetzel en Allemagne, qui ont découvert son cysticercoïde chez un certain nombre de Coléoptères, notamment des Carabidés. Nous renvoyons

au récent travail de J. E. Ackert et W. M. Reid pour la mise au point de cette question (¹). Dans la région méditerranéenne marseillaise, en examinant systématiquement les Coléoptères vivant à proximité de poulets parasités par *R. cesticillus*, nous avons trouvé le cysticercoïde hébergé par *Anthicus floralis* (L.). Nous l'avons fait développer expérimentalement chez cet insecte et, plus difficilement, chez *Alphitophagus bifasciatus* (Say), tous deux Coléoptères Ténébrionides (déterminations dues à M. Paul Veyret) (²). L'évolution de la larve dans l'organisme de l'insecte semble n'avoir pas encore été suivie. En voici le résumé.

L'embryon hexacanthe, débarrassé de ses enveloppes, mesure 32 à 35$^{\mu}$ sur 18 à 22$^{\mu}$. Cinq jours après son absorption par l'Insecte, on le trouve dans la cavité générale de ce dernier. Il a 120$^{\mu}$ sur 80$^{\mu}$, sa forme est régulièrement ellipsoïdique. Au bout de huit jours, les larves sont à des stades divers d'évolution. Elles se sont allongées; au pôle postérieur, existe une queue rudimentaire, en moignon, qui est destinée à se détacher peu après par étranglement. Elle porte la totalité ou une partie des crochets de l'embryon. Le pôle antérieur se différencie, le parenchyme s'y condense. Une lacune se creuse dans la partie moyenne de la larve. Au quatorzième jour, quelques cysticercoïdes sont déjà entièrement formés, mais la plupart n'ont pas encore achevé leur évolution. Ce laps de temps représente donc, au moins pendant l'été (juillet), le minimum pour la formation du cysticercoïde. On assiste à la différenciation du pôle antérieur : ébauche du rostre, des ventouses, des crochets. Lorsque ces organes sont formés, se produit l'invagination du scolex dans le corps de la larve. Le cysticercoïde mûr mesure 350 à 540$^{\mu}$ sur 225 à 325$^{\mu}$. Sa structure est assez simple. Le mésenchyme n'a pas subi de différenciation aussi nette que dans d'autres cysticercoïdes, celui d'*Hymenolepis diminuta*, par exemple. En coupes longitudinales, on observe, de l'extérieur vers l'intérieur : une paroi externe, formée seulement d'une cuticule, d'une couche de cellules peu ordonnées et de tissu fibreux pauvrement représenté. Puis vient la lacune, à contours mal délimités, la paroi interne, très mince. Enfin, au centre du kyste, la cavité d'invagination est presque remplie par le scolex du futur

---

(¹) *Trans. Microscop. Soc.*, 55, 1936, p. 97-100.

(²) Ces deux Coléoptères hébergent aussi dans la nature le cysticercoïde d'*Hymenolepis diminuta* (Rud.) : *Anthicus floralis* dans la proportion de 5 sur 56, *Alphitophagus bifasciatus* dans celle de 1 sur 10. Nous avons obtenu le Ver adulte chez le Rat en partant de ces larves.

Ver. Le rostre est lui-même invaginé dans le scolex. On obtient facilement son évagination artificielle, même dans l'eau ordinaire. Le rostre prend alors sa forme caractéristique en coussinet.

Les cysticercoïdes, absorbés par de jeunes poulets, se fixent à la muqueuse et commencent à se développer à partir du deuxième jour.

II. *Raillietina* (*Raillietina*) *echinobothrida* (Mégnin, 1881). — Le cysticercoïde de ce Cestode a été découvert aux États-Unis par M. F. Jones et M. W. Horsfall (³) chez les Fourmis *Tetramorium cæspitum* et *Pheidole* sp.

Nous avons retrouvé la larve en question chez *Tetramorium semilæve* André (détermination de M. le Dr Santschi), dans la région de Marseille. La proportion de Fourmis parasitées atteint 5 pour 340. La fourmilière est située à 3m du poulailler dont les Poules hébergent le Ver adulte.

Le cysticercoïde se présente sous forme d'un ellipsoïde mesurant, à l'état frais, 390 à 430μ sur 250 à 300μ. Il se rétracte après fixation. Les enveloppes ont à peu près la même constitution que celles du cysticercoïde de *R. cesticillus*, cependant le tissu fibreux est plus abondamment représenté. En outre, le scolex et le cou sont très développés à l'intérieur de l'involucre et reliés seulement par un mince pédicule à la paroi interne. Celui-ci peut se rompre et le jeune Ver s'agite librement dans ses enveloppes; il peut même s'en échapper. Le scolex est caractéristique de l'espèce; ses dimensions sont déjà presque celles observées chez l'adulte. Le rostre mesure 110μ (100 à 150 chez l'adulte); il possède une double couronne de 200 à 250 crochets ayant 12μ de long. Les ventouses mesurent 100μ (120 à 140 chez l'adulte) et sont fortement armées de crochets ayant au maximum 15μ de long.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la genèse des inclusions produites par les ultravirus en général et par le virus herpétique en particulier.* Note de M. **Stéfan Nicolau**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons montré (¹) la genèse des inclusions dans le *système nerveux* des lapins morts d'encéphalite herpétique expérimentale. L'étude de la *kératite* herpétique du lapin permet également de saisir le mécanisme morphogénétique des inclusions nucléaires; ces formations sont constituées

(³) *Science*, 83, n° 2152, 1936, p. 303.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937 (sous presse).

par des infragermes agglutinés, dégénérés et soudés en corpuscules arrondis et éosinophiles, souvent entourés d'un halo qui les sépare des éléments inframicrobiens individualisés, au sein desquels ils prennent naissance. Parfois, *tous* les germes contenus dans un noyau de cellule épithéliale de la cornée, de neurone ou de cellule gliale, s'agglutinent et se soudent en un ou plusieurs corpuscules qui deviennent par la suite des *inclusions*. Dans le cytoplasme, les inclusions naissent de la même manière (²). Tout se passe comme si les germes, ayant pullulé et produit de riches colonies intracellulaires, se trouvent tout d'un coup dans un milieu qui, ayant changé de qualité, ne se prête plus à leur culture. Le milieu cellulaire, changé progressivement au cours de l'infection, se comporterait à un moment donné, à l'égard des inframicrobes herpétiques, comme un sérum antimicrobien, *in vitro*, vis-à-vis du microbe homologue : les inframicrobes sont agglutinés et perdent ainsi leur individualité et leur agressivité; ils dégénèrent par la suite et fusionnent en masses compactes plus ou moins homogènes, perdent leur affinité tinctoriale initiale, et les inclusions qui en résultent *sont constituées vraisemblablement par des germes morts*. Ces formations peuvent se trouver incluses (dans le noyau) au sein des masses de germes encore vivants; l'expérience de Baumgartner (³), qui a réussi à infecter la cornée de lapins en utilisant comme matériel infectieux des inclusions herpétiques isolées de kératites expérimentales, s'explique par le fait que ces inclusions étaient souillées par les germes qui les entouraient

Les inclusions devenues franchement éosinophiles seraient, à notre avis, dépourvues d'éléments pathogènes; nous avons signalé déjà depuis longtemps la présence d'inclusions typiques de Borna (corpuscules de Joest-Degen) (⁴), ou de rage (corps de Negri) (⁵), dans le système nerveux d'animaux morts de la maladie expérimentale, mais *sans virus dans le nevraxe;* de même, Birch-Hirschfeld (⁶) a prouvé que les inclusions d'*ectromélie* infectieuse, prélevées par microdissection, sont avirulentes.

(²) K. Herzberg (*Klin. Wochenschr.*, 15, 1936, p. 1385) a constaté que les corps de Guarnieri (vaccine) et les corps de Bollinger (variole aviaire) sont constitués également par des groupements de germes.

(³) *Schweitz. Med. Wochenschr.*, 65, 1935, p. 759.

(⁴) S. Nicolau et I. A. Galloway, *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 674.

(⁵) S. Nicolau, C. Mathis et V. Constantinesco, *Ann. Inst. Pasteur*, 50, 1933, p. 778.

(⁶) *Centralbl. f. Bakt.*, 129, 1933, p. 274.

Les inclusions apparaissent tard dans le tissu du lapin infecté avec l'herpès, quelques jours seulement après l'inoculation; elles n'existent pratiquement jamais chez les animaux morts le 3e jour après l'introduction du virus dans le cerveau. Or, comme Doerr et Magrassi ([7]) l'ont montré, les anticorps antiherpétiques commencent à prendre naissance dans l'organisme du lapin dès le 3e ou le 4e jour qui suit l'infection. *Nous croyons que ce sont précisément ces anticorps tissulaires qui changent le milieu cellulaire et qui tendent à empêcher les inframicrobes de pulluler, en déterminant la formation des inclusions.*

L'ensemble de ces faits et de ces interprétations a une portée qui dépasse le cadre de l'infection herpétique. En effet, en étayant sur des faits concrets d'observation morphogénétique l'opinion ancienne de Babès, qui voyait dans les inclusions (rage) un moyen de défense de la cellule, on exclut l'interprétation des auteurs qui prennent les inclusions pour des stades du cycle évolutif d'un protozoaire; d'ailleurs nos travaux antérieurs sur la morphogenèse des corps de Negri ([8]), ainsi que les recherches concluantes de Marinesco sur l'absence de chromatine nucléaire dans ces mêmes inclusions rabiques, ne permettaient plus cette interprétation.

Nous avons ainsi l'explication du fait générique que les inclusions apparaissent d'habitude dans les cellules qui réagissent vigoureusement et qui gardent l'aspect normal (rage, herpès, maladie de Borna, fièvre jaune, maladie d'Aujeszky, etc.), dans des cellules, donc, *qui se défendent* contre l'action nocive des germes. Nous nous expliquons aussi, par la sensibilité différente des animaux et par l'aptitude individuelle inégale à la défense vis-à-vis d'un germe donné, pourquoi chez un animal il y a de très nombreuses inclusions et chez un autre de très rares (maladie de Carré, fièvre jaune, etc.). Nous pouvons comprendre également pourquoi le virus rabique fixe, agressif pour les neurones encéphaliques, y provoque l'apparition de rares corps de Negri, tandis que le virus des rues, adapté au système nerveux périphérique ([9]), en produit de très nombreux. Par la qualité intrinsèque de chaque souche de virus rabique des rues, nous comprenons pourquoi une souche déterminée produit toujours des inclusions volumineuses, tandis qu'une autre ne provoque l'apparition que

---

([7]) Fl. Magrassi, *Zeitschr. f. Hyg.*, 117, 1935, p. 573; *Boll. Ist. Sieroterap. Milano*, 14, 1935, p. 773.

([8]) S. Nicolau et L. Kopciowska, *Ann. Inst. Pasteur*, 53, 1934, p. 437.

([9]) S. Nicolau et L. Kopciowska, *Ann. Inst. Pasteur*, 1935, suppl. commém. sur la rage, 25 oct., p. 108.

des petites inclusions, de même qu'une souche microbienne déterminée (typhique, dysentérique, etc.) donne avec le sérum agglutinant homologue des floculats volumineux, tandis qu'une autre souche du même microbe *agglutine mal.*

On pourrait se demander pourquoi les animaux qui meurent de maladies à ultravirus ont des inclusions qui témoignent pourtant de la résistance cellulaire? Nous croyons que ces animaux meurent précisément par l'altération profonde des cellules qui n'ont pas pu provoquer la formation d'inclusions, toutes les cellules ne pouvant pas se défendre avec un égal succès contre les inframicrobes envahissants.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Le thiazol, facteur de croissance pour les Flagellés* Polytoma caudatum *et* Chilomonas paramæcium. Note de MM. **André Lwoff** et **Hisatake Dusi**, présentée par M. Félix Mesnil.

Parmi les microorganismes qui ont été étudiés au point de vue de leur pouvoir de synthèse, on en rencontre de deux types. Les uns réalisent la synthèse de la pyrimidine et du thiazol : *Bacterium coli*, *Bacillus pyocyaneus* (Bactéries), *Aspergillus niger* (Champignon), *Chlamydomonas*, *Chlorogonium* (Flagellés chlorophytes), *Polytoma obtusum* (Flagellé leucophyte). Les autres sont incapables d'effectuer cette synthèse : *Staphylococcus aureus* (Bactérie), étudié par Knight (1937); *Phycomyces blakesleanus* (Champignon), par Schopfer et Yung (1937) et par H. M. Sinclair (1937), et *Polytomella cæca* (Flagellé leucophyte), tout récemment par nous-mêmes (1).

Nous faisons connaître aujourd'hui deux exemples d'organismes chez lesquels la possibilité de réaliser la synthèse des constituants de l'aneurine (vitamine B^1) est dissociée : le thiazol seul est nécessaire comme facteur de croissance (2), la synthèse de la pyrimidine étant effectuée par les Flagellés.

---

(1) Bibliographie *in* Lwoff et Dusi, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 630.

(2) Le développement de *Rhodotorula rubra*, étudié par Schopfer et Yung (*Comptes rendus*, 205, 1937, p. 445), est *augmenté* par la pyrimidine et le thiazol. La pyrimidine agit dans ce cas comme simple stimulant et non comme un facteur de croissance. Un facteur de croissance pour un organisme donné est une substance dont celui-ci ne réalise pas la synthèse et en l'absence de laquelle tout développement de cet organisme est impossible.

Ces deux Flagellés sont des Leucophytes : une Chlamydomonadine, *Polytoma caudatum* Korschikoff var. *astigmata* R. et L. Grandori et une Cryptomonadine, *Chilomonas paramæcium* Ehrenberg.

Polytoma caudatum var. *astigmata* a été obtenu en culture bactériologiquement pure par Lwoff et Provasoli ([3]). Il se développe bien en eau peptonée additionnée d'acétate de sodium. Si l'aliment azoté est l'asparagine, la culture est très pauvre et Lwoff et Provasoli ont émis l'hypothèse « qu'une substance déterminée, présente dans la peptone, est indispensable pour que se réalise le développement optimum », en supposant que cette substance est très lentement synthétisée par les Flagellés. Nous connaissons maintenant la nature de cette substance et nous savons aussi que *Polytoma caudatum* n'en fait pas la synthèse. Dans le milieu suivant : asparagine naturelle Roche 2, acétate de sodium 2, chlorure de potassium 0,10, sulfate de magnésium 0,10, biphosphate de potassium 0,20, fer : traces, NaOH : *q. s.* pour $pH = 7,5$, les cultures de *Polytoma caudatum* sont très pauvres : 1 à 5 flagellés par millimètre cube. L'addition d'aneurine synthétique (Roche) permet d'obtenir un développement de 1000 flagellés par millimètre cube. La pyrimidine (4-amino-5 aminométhyl-2 méthyl-pyrimidine) est sans action, le thiazol par contre (4-méthyl-5-β hydroxyéthylthiazol) est aussi efficace que l'aneurine.

Chilomonas paramæcium, obtenu pour la première fois en culture bactériologiquement pure par Loefer, est incapable de se multiplier en l'absence de substances organiques (Loefer 1933-1934, Lwoff et Dusi 1934). On ignore tout de la nature des facteurs de croissance qui lui sont nécessaires. Dans le milieu à l'asparagine ci-dessus, de $pH = 6,5$, les cultures sont très pauvres : 5-9 flagellés par millimètre cube. L'addition d'aneurine donne des cultures renfermant 200 flagellés par millimètre cube, chiffre analogue à celui des cultures en milieu peptoné. L'aneurine peut être remplacée par le thiazol, non par la pyrimidine ([4]). Notons cependant que notre souche de *Chilomonas* avait été entretenue en milieu peptoné et que les premiers repiquages en milieu au thiazol seul ont été négatifs, mais positifs, par contre, en présence de thiazol + pyrimidine. Celle-ci peut donc agir comme facteur de départ.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 90.

([4]) L'addition de pyrimidine au milieu à l'asparagine + thiazol améliore le développement des cultures. Comme dans le cas de *Rhodotorula* [voir note ([2])], la pyrimidine est un stimulant de la croissance.

Nous avons vérifié que notre milieu à l'asparagine ne contenait pas de traces de pyrimidine : l'addition de thiazol ne permet pas, en effet, la culture de *Polytomella cæca* qui, nous l'avons vu, ne se développe qu'en présence de pyrimidine et de thiazol et qui est sensible à des dilutions d'aneurine de 1 pour 60 milliards.

Quant au faible développement observé dans notre milieu dépourvu de thiazol (1 à 5 individus pour *Polytoma caudatum*, 5-9 pour *Chilomonas*), il est attribuable, comme pour *Polytomella cæca*, à des traces de facteurs de croissance présentes dans l'asparagine naturelle que nous avons utilisée.

Actuellement, on peut résumer de la manière suivante les résultats acquis sur la nature des facteurs de croissance nécessaires à certains Flagellés leucophytes :

Organismes.	Facteurs de croissance. Pyrimidine.	Thiazol.
Polytoma obtusum (Chlamydomonadine)........	o	o
Polytoma caudatum (Chlamydomonadine)......	o	+
Chilomonas paramæcium (Cryptomonadine).....	o	+
Polytomella cæca (Polyblépharidée)............	+	+

Nota. — o, non nécessaire comme facteur de croissance, synthétisé par le Flagellé; +, nécessaire comme facteur de croissance, non synthétisé par le Flagellé.

On voit, par les deux exemples de *Polytoma caudatum* et *Chilomonas paramæcium*, que le pouvoir de synthétiser les constituants de l'aneurine peut se trouver dissocié chez certains microorganismes.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 13 septembre 1937.)

Note de M. *Albert F. Blakeslee*, Dédoublement du nombre de chromosomes chez les plantes par traitement chimique :

Page 478, ligne 4, *au lieu de* 25 ont produit des fleurs jusqu'à ce jour, *lire* 27 ont produit des fleurs jusqu'à ce jour.

(Séance du 4 octobre 1937.)

Note de M. *Théodore V. Ionescu*, Sur le calcul de temps $\mathfrak{T}$ entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules de l'ionosphère :

Page 570, ligne 24, *au lieu de* qui se rapporte à l'arrivée de l'électron sur l'orbite d'ordre *n*, *lire* qui se rapporte à la période T_r de l'électron....

Page 571, ligne 13, *au lieu de* $\lambda_e/2 = a$, *lire* $\lambda_e/2 = d$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1937.

Flora U. R. S. S., par B. K. Schischkin, tome VII, in *Institut de botanique de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.* Moscou-Leningrad, Académie des Sciences de l'U. R. S. S., 1937; 1 vol. 26^{cm} (en langue russe).

Sols types de Tunisie, par V. Agafonoff, extrait des *Annales du Service botanique et agronomique de Tunisie*, tomes XII-XIII, 1935-1936. Tunis, Imprimerie Maury et Cie, 1936; 1 vol. 25^{cm}.

The first hundred years of the geological Survey of Great Britain, by Sir John Smith Flett. London, His Majesty's Stationery office, 1937; 1 vol. $24^{cm},5$.

Lavoisier agronome, par M. Lenglen, extrait du *Bulletin des Engrais.* Paris, 1936; 1 fasc. 21^{cm}.

A propos d'une lettre inédite de J.-B. Dumas, par M. Lenglen. Paris, Maus, Delhalle et Urban, 1937; 1 fasc. 24^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 NOVEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

AVIATION. — *La recherche des avions perdus en mer.* Note de M. **Georges Claude**.

Après la disparition de Mme Amelia Earhardt, la triste fin de *l'Antarès* sur la côte marocaine me donne malheureusement une nouvelle occasion, cette fois en dehors du cas des avions transatlantiques, de souligner l'intérêt du procédé de signalisation et de recherche des avions perdus en mer ou amerris dont j'ai indiqué le principe (¹).

On a vu, en effet, par les journaux de ce matin, que ce n'est qu'après six jours de vaines recherches et d'alternatives douloureuses que la découverte au voisinage de la côte d'un sac postal flottant et de débris divers a apporté la certitude d'une catastrophe.

Il est bien évident que l'application du procédé en question aurait donné dans ce cas, qui peut être, au Maroc, au Brésil et ailleurs, celui de beaucoup de lignes côtières, des renseignements immédiats. Il faut donc espérer que la Société *Air France* et que le Ministère de l'Air, qui s'intéresse aussi à la question, résoudront rapidement les problèmes d'adaptation aux avions qui permettront de passer à la pratique.

Je dois dire à ce propos que, sur ma demande, des techniciens ont étudié et réalisé le pastillage assez délicat de la poudre de fluorescéine en pastilles de $0^g,2$, ce qui facilitera beaucoup la charge des milliers de joncs dont il faudra doter chaque appareil.

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1291.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur le coefficient de self-inductance d'un solénoïde.* Note de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

Considérant un solénoïde indéfini de diamètre D et de pas uniforme, la self-inductance d'une portion de longueur B de ce solénoïde est représentée par l'expression connue

$$L_{\text{lim}} = \frac{\pi^2 D^2 n^2}{B}, \tag{1}$$

n étant le nombre de spires qu'elle porte.

Si un semblable tronçon est isolé dans l'espace, on peut représenter sa self-inductance par

$$L = k L_{\text{lim}}, \tag{2}$$

k étant un coefficient sans dimensions inférieur à l'unité et uniquement fonction du coefficient de forme D/B du solénoïde; les physiciens japonais Nagaoka et Sakuraï ont pu calculer la valeur de ce coefficient par les fonctions elliptiques en partant de la formule de Lorenz.

Posons

$$\frac{1}{k} = 1 + \lambda; \tag{3}$$

des considérations sur la réluctance du circuit magnétique complet suggèrent que λ figure en quelque sorte *un excès relatif de réluctance* dû à ce que, dans le cas d'un solénoïde fini, on doit considérer une réluctance extérieure qui n'existe pas dans le cas d'un solénoïde indéfini.

Le coefficient k étant, comme il a été dit, uniquement fonction du coefficient de forme D/B du solénoïde, il en est de même de λ, et j'ai tiré la valeur de ce dernier de la table $k = f(D/B)$ des savants japonais.

Je me suis alors aperçu que λ est à peu près proportionnel à D/B de telle sorte qu'en posant

$$\chi = \frac{\lambda}{\frac{D}{B}} = \text{const.},$$

on peut écrire

$$L_{\text{réel}} = L_{\text{lim}} \frac{1}{1 + \chi\left(\frac{D}{B}\right)}. \tag{4}$$

En prenant $\chi = 0,452$, les valeurs données par cette formule suivent celles de Nagaoka et Sakuraï avec une précision de ± 3 pour 100 et, pour un allongement infini, on a bien

$$L_{\text{réel}} = L_{\text{lim}}.$$

Ayant tracé la courbe de mon coefficient χ en fonction des valeurs exactes du coefficient k des savants japonais, il était facile de voir qu'en le remplaçant par une fonction linéaire de D/B convenablement choisie, la précision pouvait être plus que quintuplée, mais alors le dénominateur de k devenait du second degré en D/B, et la formule perdait l'avantage de sa simplicité; j'ai donc cherché mieux.

Si, conservant la première forme, on écrit

$$(5) \qquad k = \frac{1}{a + b\left(\frac{D}{B}\right)} \quad (^1),$$

et qu'on pose

$$a = 0,9949, \qquad b = 0,4572,$$

(1) Il est bien entendu qu'on a déjà proposé des expressions du genre de

$$L = \frac{n^2 a^2}{\alpha a + \beta b + \gamma c},$$

où a est le rayon moyen de la bobine, b sa longueur, c son épaisseur et n le nombre de tours de fil.

Une formule de ce type est celle de J. Perry

$$L = \frac{n^2 a^2}{18,44a + 35b + 31c} \cdot 10^{-6} \text{ henrys};$$

elle suppose les rapports b/a et c/a très petits.

Si l'on y fait $c = 0$, elle devient

$$L = \frac{\pi^2 D^2 n^2}{B} \frac{1}{1,382 + 0,3640\left(\frac{D}{B}\right)},$$

qui est bien de la forme à laquelle j'ai été conduit, mais donne alors des résultats tout à fait inacceptables.

les valeurs obtenues sont

$\frac{D}{B}$.	$k_{calc.}$	$k_{N\,et\,S.}$	Erreur en millièmes.
0,20	0,920522	0,920093	+0,466
0,50	0,817327	0,818136	−0,989
0,70	0,760491	0,760885	−0,518
1,00	0,688658	0,688423	+0,341
1,25	0,638407	0,638094	+0,491
1,50	0,594990	0,595045	−0,093

On voit qu'elles suivent celles de Nagaoka et Sakuraï avec une erreur presque constamment inférieure au demi-millième.

Il y a là un résultat qui m'a paru digne d'être signalé, parce qu'en pratique j'ai trouvé l'usage de cette formule préférable sous tous les rapports à celui d'une table ou d'un diagramme.

En résumé, je propose les formules suivantes pour le calcul de la self-inductance d'un solénoïde de longueur finie :

Approximation (± 3 pour 100) :

$$L_{réel} = \frac{\pi^2 D^2 n^2}{B} \frac{1}{1+\chi\left(\frac{D}{B}\right)} = \frac{\pi^2 n^2 D}{\left(\frac{B}{D}\right)+\chi} \tag{6}$$

avec

$$\chi = 0,452;$$

Approximation ($\pm 0,1$ pour 100) :

$$L_{réel} = \frac{\pi^2 D^2 n^2}{B} \frac{1}{a+b\left(\frac{D}{B}\right)} = \frac{\pi^2 n^2 D}{a\left(\frac{B}{D}\right)+b} \tag{7}$$

avec

$$a = 0,9949, \qquad b = 0,4572.$$

Les considérations qui m'ont conduit à ces formules étaient assez approximatives en ce qui concerne un solénoïde; elles semblent devoir s'appliquer bien mieux à une bobine avec noyau magnétique, où l'on ne commet certainement qu'une faible erreur sur la valeur de la réluctance totale en supposant que la totalité du flux traverse tout le noyau.

On a depuis longtemps indiqué la valeur de la réluctance externe d'une bobine à noyau de fer terminé par deux demi-sphères ([2]); elle est théori-

([2]) EVERSHED, *La Lumière électrique*, 40, n° 25, 1891, p. 570.

quement, à peu près égale à

$$\mathcal{R}_{\text{ext}} = \frac{1}{\pi D}. \tag{8}$$

L'auteur indique que, « pour tenir compte du fait qu'une partie du flux est dérivée au travers de l'enroulement, il faut intégrer sur les trois quarts seulement de la sphère » qui termine le noyau, ce qui donne, en pratique,

$$\mathcal{R}_{\text{ext}} = \frac{4}{3\pi D}; \tag{9}$$

appelant B la longueur moyenne du noyau, la réluctance totale aura alors pour expression

$$\mathcal{R} = \frac{4B}{\pi D^2 \mu} + \frac{4}{3\pi D} = \frac{4B}{\pi D^2}\left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{3}\frac{D}{B}\right), \tag{10}$$

ce qui revient à écrire la self

$$L = \frac{\pi^2 D^2 n^2}{B} \frac{1}{\left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{3}\frac{D}{B}\right)}. \tag{11}$$

Il semble à première vue paradoxal que le coefficient 1/3 d'Evershed soit plus petit que celui $\chi = 0,452$ auquel j'ai abouti pour un soénoïde; cela tient certainement à l'hypothèse des extrémités sphériques, qui augmente la section totale de pénétration dans l'espace ambiant et en diminue conséquemment la réluctance.

Il semble qu'il y aurait intérêt à rechercher si une valeur convenable dudit coefficient ne donnerait pas à la formule (11) une précision très satisfaisante, au moins pour les enroulements peu épais.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle catégorie d'équations où figurent des valeurs principales d'intégrales.* Note de M. **Georges Giraud**.

1. Soit $\mathcal{V}$ une variété close à m dimensions, plongée dans un espace euclidien; on suppose que $\mathcal{V}$ est recouvert par un nombre fini de domaines (ouverts), dans chacun desquels les coordonnées d'un point courant sont fonctions continues et deux fois continûment dérivables de m d'entre elles; de plus $\mathcal{V}$ n'a aucun point multiple. Soient $2R$ la longueur de la plus grande corde de $\mathcal{V}$ et dV l'élément euclidien de $\mathcal{V}$. Nous désignons respec-

tivement par $L(X, Y)$, par $l(X, Y; A)$ et par $l(X, Y; A, B)$ les distances entre deux points X et Y, entre un segment rectiligne XY et un point A, et entre deux segments rectilignes XY et AB. Nos valeurs principales d'intégrales étendues à des parties de $\mathcal{V}$, s'obtiendront en excluant de $\mathcal{V}$ des régions telles que $L(X, A) < \eta$, où A est le point d'intégration et η est un infiniment petit.

Soient $\omega(t)$ et $h(t)$ deux fonctions croissantes de la variable positive t; on suppose que $\omega(t)/t$ est sommable dans le champ $0 < t < 1$ (donc dans tout intervalle) et que $h(t)$ est infiniment petit avec t. La fonction $F(X, \Xi)$ donnée de deux points de $\mathcal{V}$, remplit, par hypothèse, les conditions suivantes, où η et ρ sont des variables positives $(\eta < \rho)$ et les Q_n sont des constantes positives :

$$(1)\qquad |F(X, \Xi)| < Q_1 L^{-m}(X, \Xi) \log^{-1} \frac{4R}{L(X, \Xi)},$$

$$(2)\qquad |F(X, \Xi) - F(Y, \Xi)| < \frac{Q_2}{l^m(X, Y; \Xi)}\, \omega\left[\frac{L(X, Y)}{l(X, Y; \Xi)}\right],$$

$$(3)\qquad |F(X, \Xi) - F(X, \Upsilon)| < \frac{Q_3}{l^m(\Xi, \Upsilon; X)}\, \omega\left[\frac{L(\Xi, \Upsilon)}{l(\Xi, \Upsilon; X)}\right],$$

$$(4)\qquad |F(X, \Xi) - F(Y, \Xi) - F(X, \Upsilon) + F(Y, \Upsilon)|$$
$$< \frac{Q_4}{l^m(X, Y; \Xi, \Upsilon)}\, \omega\left[\frac{L(X, Y)}{l(X, Y; \Xi, \Upsilon)}\right] \omega\left[\frac{L(\Xi, \Upsilon)}{l(X, Y; \Xi, \Upsilon)}\right] \log \frac{4R}{l(X, Y; \Xi, \Upsilon)},$$

$$(5)\qquad \left|\int_{\eta < L(X, A) < \rho}^{(m)} F(X, A)\, dV_A\right| < Q_5\, h(\rho),$$

$$(6)\qquad \left|\int_{\eta < L(\Xi, A) < \rho}^{(m)} F(A, \Xi)\, dV_A\right| < Q_6\, h(\rho),$$

$$(7)\qquad \left|\int_{L(X, A) < \rho}^{(m)} [F(X, A) - F(Y, A)]\, dV_A\right| < Q_7\, \omega\left[\frac{L(X, Y)}{\rho}\right] h(\rho) \log \frac{4R}{\rho} \qquad [2L(X, Y) < \rho],$$

$$(8)\qquad \left|\int_{L(\Xi, A) < \rho}^{(m)} [F(A, \Xi) - F(A, \Upsilon)]\, dV_A\right| < Q_8\, \omega\left[\frac{L(\Xi, \Upsilon)}{\rho}\right] h(\rho) \log \frac{4R}{\rho} \qquad [2L(\Xi, \Upsilon) < \rho];$$

dans (7), dans (8) et dans la suite, les intégrales sont prises en valeurs principales; ces valeurs existent, d'après (5) et (6).

Comme on peut toujours remplacer ω et h par des fonctions plus grandes, nous ne diminuons pas la généralité de F en admettant qu'il existe des nombres positifs μ, ν et σ ($\mu > \nu$ et $\mu > 1 > \sigma$), tels que $\omega(t) \log^{\mu}(2/t)$ soit décroissant et $\omega(t) \log^{\nu}(2/t)$ croissant dans le champ $0 < t < 1$, que $h(t) t^{-\sigma}$ soit décroissant et qu'on ait, pour $0 < t < 2R$, $h(t) \log(4R/t) > 1$.

Si alors $K(X, \Xi)$ *remplit aussi des conditions de ce type, avec les mêmes fonctions* ω *et* h, *la fonction*

$$\int_{\mathcal{V}}^{(m)} K(X, A) F(A, \Xi) \, dV_A$$

remplit aussi de telles conditions, avec les mêmes fonctions ω *et* h. *En outre on a*

$$\int_{\mathcal{V}}^{(m)} K(X, A) \int_{\mathcal{V}}^{(m)} F(A, B) \, dV_B \, dV_A = \int_{\mathcal{V}}^{(m)} \int_{\mathcal{V}}^{(m)} K(X, A) F(A, B) \, dV_A \, dV_B,$$

c'est-à-dire qu'il est licite de changer l'ordre des intégrations.

2. Considérons alors l'équation intégrale en u,

$$u(X) - \lambda \int_{\mathcal{V}}^{(m)} F(X, A) \, u(A) \, dV_A = f(X), \tag{9}$$

où la fonction donnée f remplit une condition de Dini

$$|f(X) - f(Y)| < Q \omega \left[\frac{L(X, Y)}{2R} \right],$$

et l'inconnue u doit en remplir une autre, ce qui entraîne l'existence de l'intégrale principale. *Si* $|\lambda|$ *est assez petit, cette équation est satisfaite par une fonction u et une seule.*

3. Si, dans les conditions (1) à (6), les fonctions ω et h remplissent certaines conditions nouvelles, les conditions (7) et (8) peuvent être modifiées ou supprimées sans que l'équation (9) cesse d'avoir la propriété énoncée. Bien plus, si

$$\frac{\omega(t)}{t} \log \frac{1}{t} \quad \text{et} \quad \frac{h(t)}{t}$$

sont sommables dans tout intervalle, non seulement les conditions (7) et (8) peuvent être supprimées, mais l'équation (9) admet un noyau résolvant $N(X, \Xi; \lambda)$, méromorphe par rapport à λ dans tout le plan complexe, avec des pôles indépendants de X et de Ξ. Quand λ n'est pas un pôle, ce noyau N remplit des conditions des types (1) à (8), où toutefois $\omega(x)$ et $h(x)$ sont remplacés respectivement par des fonctions $\omega^*(x)$ et $h^*(x)$, qui peuvent être données pourvu qu'elles remplissent les conditions énoncées au paragraphe 1, et que leurs quotients respectifs par

$$\int_0^x \frac{\omega(t)}{t} \, dt \quad \text{et} \quad \log^{-1} \frac{4R}{x}$$

soient décroissants et non bornés. Ce noyau satisfait aux identités

$$\begin{aligned} N(X, \Xi; \lambda) + F(X, \Xi) &= \lambda \int_{\mathcal{V}}^{(m)} F(X, A)\, N(A, \Xi; \lambda)\, dV_A \\ &= \lambda \int_{\mathcal{V}}^{(m)} N(X, A; \lambda)\, F(A, \Xi)\, dV_A, \end{aligned}$$

et l'on peut reproduire pour N les raisonnements classiques de Goursat. Par conséquent *on peut énoncer pour* (9) *et pour l'équation homogène associée*

$$(10) \qquad \varphi(\Xi) - \lambda \int_{\mathcal{V}}^{(m)} F(A, \Xi)\, \varphi(A)\, dV_A = 0$$

des propositions toutes pareilles aux théorèmes fondamentaux de Fredholm, pourvu que f remplisse une condition de Dini.

Les hypothèses relatives à $\mathcal{V}$ peuvent être élargies. Notamment il n'est pas nécessaire que $\mathcal{V}$ soit plongé dans un espace euclidien.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Essai de classification des raies Raman d'un cristal de quartz*. Note de MM. **Jean Cabannes** et **Charles Bouhet**.

I. Le champ électrique (U, V, W) d'une onde lumineuse monochromatique induit dans une molécule oscillante, dont le mouvement est défini par la coordonnée normale q, le moment

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} P &= (A + \varepsilon_{11} q) U + \varepsilon_{12} q V + \varepsilon_{13} q W, \\ Q &= \varepsilon_{21} q U + (B + \varepsilon_{22} q) V + \varepsilon_{23} q W, \\ R &= \varepsilon_{31} q U + \varepsilon_{32} q V + (C + \varepsilon_{33} q) W. \end{aligned} \right.$$

De l'étude du tenseur (1) *supposé symétrique* et de celle de l'ellipsoïde associé découlent immédiatement, comme on le sait, les règles de sélection et de polarisation de la raie Raman correspondante [1].

Considérons ici le cas d'une molécule à axe ternaire. Orientons cet axe parallèlement à W. Les oscillations symétriques sont caractérisées par les

[1] J. Cabannes, *Annales de Physique*, **18**, 1932, p. 285. L'hypothèse d'un tenseur *symétrique* permet une représentation cinématique claire des phénomènes par les changements que subit l'ellipsoïde associé, mais elle n'est pas nécessaire. Elle n'est d'ailleurs pas applicable en toute rigueur au cas du quartz.

égalités $\varepsilon_{11} = \varepsilon_{22}$ et $\varepsilon_{ij} = 0$ $(i \neq j)$; l'ellipsoïde des réfractivités reste évidemment de révolution autour de l'axe ternaire.

L'étude des oscillations dégénérées est plus difficile. *On peut prévoir théoriquement, dans une molécule à axe ternaire, deux types d'oscillations cyclophasiques*. Lorsqu'en effet nous faisons tourner la molécule oscillante de $4\pi/3$ autour de l'axe ternaire dans le sens convenable, cette opération équivaut à avancer de $4\pi/3$ la phase de l'oscillation. Mais, en ce qui concerne les propriétés optiques, il y a deux moyens de satisfaire à cette condition de symétrie : soit en faisant tourner l'ellipsoïde de $4\pi/3$ dans le même sens que la molécule, soit en le faisant tourner d'un angle moitié en sens inverse. D'où les deux types d'oscillations possibles :

1° La période de rotation de l'ellipsoïde est égale à celle de l'oscillation cyclophasique de la molécule; dans ce cas $\varepsilon_{12} = 0$ et $\varepsilon_{11} = \varepsilon_{22} = \varepsilon_{33} = 0$. L'ellipsoïde ne se déforme pas et son axe de révolution tourne autour de l'axe ternaire de la molécule au repos.

2° La période de rotation de l'ellipsoïde est double de celle de l'oscillation moléculaire; dans ce cas $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} = \varepsilon_{33} = 0$ et $\varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = 0$. L'axe principal de l'ellipsoïde qui, dans la molécule au repos, est dirigé suivant l'axe ternaire conserve sa grandeur et sa direction, et l'ellipsoïde, après avoir été déformé sans changement de la réfractivité moyenne, tourne autour de cet axe.

Ces règles posées, on prévoit facilement l'état de polarisation des raies Raman d'une molécule M à axe ternaire dans les trois cas suivants :

1° L'axe de la molécule est dirigé suivant Mz; on envoie dans la direction Mx un faisceau de lumière *naturelle* et l'observateur se place en y.

2° L'axe de la molécule est couché sur Mx; on envoie suivant cet axe un faisceau de lumière *naturelle* et l'observateur reste en y.

3° L'axe de la molécule reste dirigé suivant Mx; on envoie suivant cet axe un faisceau de lumière *circulaire* et l'observateur se place en x.

Nos conclusions théoriques sont groupées dans le tableau ci-après où ρ désigne, suivant l'usage, le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée latéralement.

	Oscillations symétriques.	Dégénérées (1er type).	Dégénérées (2e type).
Premier cas	$\rho = 0$	$\rho = 1$	$\rho = \infty$
Deuxième cas....	$\rho = 0$	$\rho = \infty$	$\rho = 0$
Troisième cas....	Circulaire directe	Intensité nulle	Circulaire inverse

II. En utilisant les propriétés de l'isomorphisme entre les groupes de

recouvrement des réseaux cristallins et les groupes de symétrie d'un système fini de points ([2]), nous pouvons appliquer à un cristal de quartz les résultats obtenus avec une molécule du groupe D_3. Le dénombrement des oscillations fondamentales du cristal devient alors facile : 4 fréquences symétriques par rapport aux axes A_3 et L_2; 3 symétriques par rapport à l'axe A_3 et antisymétriques par rapport aux axes L_2 (inactives dans la diffusion de la lumière); 3 dégénérées du premier type; 4 dégénérées du second type.

Or une étude expérimentale assez complète de l'effet Raman dans le quartz a été entreprise par nous à Montpellier. Les résultats obtenus en lumière naturelle (Cabannes) datent déjà de 1933, mais ils sont inédits; ceux obtenus en lumière circulaire (Bouhet) sont plus récents ([3]). Le tableau suivant, dans lequel les raies Raman sont à peu près rangées par intensité décroissante, résume notre étude expérimentale. La plupart des fréquences sont données avec une erreur inférieure à 1 cm^{-1}.

Raies intenses.

Fréquence (en cm^{-1}).	Dépolarisation (ρ). Cas 1.	Cas 2.	Sens de la circulaire. Cas 3.
466	0	0	direct
207 (large)	0	0	direct
128	∞	0	inverse
394	∞	0	inverse
356	0	0	direct
1163	∞	0	inverse
266	1	∞	fréqu. inactive
798	1	∞	fréqu. inactive
696	∞	0	inverse

Raies faibles.

Fréquence (en cm^{-1}).	Dépolarisation (ρ). Cas 1.	Cas 2.	Sens de la circulaire. Cas 3.
403 (douteuse)	–	–	–
501	–	0	–
453	–	∞	–
1064	0	∞	–
1227	∞	0	–

La forte raie Raman 466 cm^{-1} a gêné l'étude de la raie 501. De même, la proximité de la raie 466 excitée par la raie du mercure 4347 Å a empêché l'étude de la raie 403 excitée par 4358 Å. Mais en revanche, la polarisation anomale ($\rho = \infty$) de la raie 453 nous a permis d'établir avec certitude sa présence dans le cas 2 malgré la proximité de 466.

III. Ces expériences s'accordent bien avec nos vues théoriques et nous avons pu classer les 9 raies les plus intenses d'une manière sans doute défi-

([2]) C.-J. Brester, *Zeitschrift für Physik*, 26, 1924, p. 324.
([3]) Ch. Bouhet, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1661.

nitive : 3 fréquences totalement symétriques (466, 207, 356) ; 2 fréquences dégénérées du premier type (266, 798) ; 4 fréquences dégénérées du second type (128, 394, 1163, 696). Peut-être la quatrième oscillation symétrique a-t-elle pour fréquence 501, comme le pensait Weiler [4] qui voit en 1163-1227, 1064, 798 et 501 les 4 fréquences fondamentales du groupement tétraédrique SiO^4. Sur les raies qui restent, 403 et 453, nous ne pouvons encore rien dire.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de *Filature et tissage* du Conservatoire des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Frédéric Maillard* obtient l'unanimité des 35 suffrages; pour la seconde ligne, M. *Auguste Bon* obtient 31 suffrages; il y a un bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne......... M. **Frédéric Maillard.**
En seconde ligne......... M. **Auguste Bon.**

CORRESPONDANCE.

M. **François Grandjean** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Minéralogie par la mort de M. *H. Douvillé*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Henri Erhart. *Traité de Pédologie*. Tome II. *Pédologie agricole* (présenté par M. A. Chevalier).

---

(4) *Zeitschrift für Physik*, 80, 1933, p. 623.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de Zoologie (*Vers et Crustacés*) vacante au Muséum d'Histoire Naturelle.

(Renvoyé à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

Les **Secrétaires du Ve Congrès international de Mécanique appliquée** invitent l'Académie à se faire représenter à ce Congrès qui se tiendra à Cambridge, Massachusetts, du 12 au 16 septembre 1938.

ALGÈBRE. — *Définition de certains anneaux non commutatifs. Classification des extensions primitives des corps à valuation discrète.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

I. Soit Q un corps de caractéristique $p \neq 0$. Soit M un ensemble fini d'éléments d'une extension algébrique Q_1 de Q. M est bien déterminé par la donnée du polynome $f_M(x) = \prod_{y \in M}(x - y)$. M s'appellera *module d'espèce* (Q, a) s'il jouit des propriétés suivantes : 1° il est un module; 2° le sur-corps Q(M) de Q engendré par adjonction des éléments de M est séparable sur Q; 3° avec un élément y, M contient tous ses conjugués par rapport à Q; 4° a étant un entier positif et Ω_a désignant le champ de Galois de p^a éléments (supposé contenu dans Q_1), $\Omega_a M = M$.

Si M est un module d'espèce (Q, a), $f_M(x)$ est de la forme $\alpha_0 x + \alpha_1 x^{p^a} + \alpha_2 x^{p^{2a}} + \ldots + \alpha_n x^{p^{na}}$ ($\alpha_0 \neq 0$, $\alpha_n = 1$), les α_i étant dans Q. Et à tout polynome de cette forme correspond un module d'espèce (Q, a).

Introduisons, pour représenter ces polynomes, un anneau W(a, Q) (non commutatif, en général), contenant Q, engendré par les éléments de Q et par un élément z_a, assujetti aux relations $z_a \alpha = \alpha^{p^a} z_a$ (pour tout $\alpha \in Q$), et à aucune autre. Un $\lambda \in W(a, Q)$ non nul peut, et d'une seule manière, se mettre sous la forme $\alpha_0 + \alpha_1 z_a + \alpha_2 z_a^2 + \ldots + \alpha_n z_a^n$ ($\alpha_i \in Q$, $\alpha_n \neq 0$) : n est appelé son *degré*, et λ est dit *normal* si $\alpha_n = 1$ et $\alpha_0 \neq 0$. Le degré du produit de deux éléments de W(a, Q) est la somme de leurs degrés. Un $\lambda \in W(a, Q)$ s'appelle *premier* s'il ne peut pas être décomposé en produit de deux éléments de W(a, Q) de degrés moindres que le sien.

Les $\lambda W(a, Q)$ peuvent être considérés comme des opérateurs de $\mathfrak{R}$ l'anneau (commutatif) des polynomes en x à coefficients dans Q, en posant $\lambda f(x) = \alpha_0 f(x) + \alpha_1 [f(x)]^{p^a} + \ldots + \alpha_n [f(x)]^{p^{na}}$, si $\lambda = \alpha_0 + \alpha_1 z_a + \ldots + \alpha_n z_a^n$.

THÉORÈME 1. — *Pour qu'un polynome $f(x)$ soit le polynome attaché à un module* M *d'espèce* (Q, a), *il faut et il suffit que $f(x)$ soit de la forme $\lambda_M x$, λ_M étant un élément normal de* $W(a, Q)$. λ_M s'appellera le *quasi polynome* de M. M' étant un autre module d'espèce (Q, a), pour que $M' \subseteq M$ *il faut et il suffit que* $\lambda_M = \mu . \lambda_{M'}$, avec $\mu \in W(a, Q)$. *Pour que* M *soit simple* [c'est-à-dire ne contienne aucun sous-module propre d'espèce (Q, a)], *il faut et il suffit que λ_M soit premier.*

II. Soient k un corps muni d'une valuation discrète et complet par rapport à cette valuation, et K une extension algébrique finie de k. Soit $\mathfrak{P}$ et $\mathfrak{p} = \mathfrak{P}^e$ les idéaux premiers de K, k, et soient O, o les corps de restes de K, k suivant leurs idéaux premiers (dont la caractéristique, pouvant aussi être $= 0$, sera désignée par p). O/o est une extension algébrique finie, mais non nécessairement séparable. On peut, cependant, transporter ici la théorie de la ramification des idéaux premiers des corps de nombres algébriques [1], en s'appuyant sur un théorème de M. Teichmüller [2] qu'il existe une et une seule extension non ramifiée $K_{-1}/k \subseteq K/k$ ayant pour corps de restes O/o. Désignons par $G_{Q'/Q''}$ l'ensemble des isomorphismes d'une extension Q'/Q'', et posons $G = G_{K/k}$ et $T = G_{K/K_{-1}}$. Désignons par $\overline{\omega}(\alpha)$ et par $\omega(\alpha) = e . \overline{\omega}(\alpha)$ les ordres pour $\mathfrak{p}$ et pour $\mathfrak{P}$ de α. Si $\sigma \in T$, posons $v(\sigma) = \min[\omega(\sigma\alpha - \alpha)] - 1 [\alpha \in K, \ \omega(\alpha) \geqq 0]$. On a $v(\sigma) \geqq 0$. Soient $v_0 < v_1 < \ldots < v_m = +\infty$ toutes les valeurs *positives* prises par $v(\sigma)$. Posons de plus $v_{-1} = 0$. $v_q (-1 \leqq q \leqq m)$ s'appelle le *q-ième nombre de ramification de* K/k; il est en général fractionnaire *et son dénominateur* δ_q *est premier à* p. L'ensemble $\overset{(q)}{V}$ des σ de T tels que $v(\sigma) \geqq v_q$ s'appelle *ensemble de ramification d'ordre q de* K/k, et le nombre de ces éléments sera noté n_q.

Soit un $\pi \in K$ tel que $\omega(\pi) = 1$. Si $\sigma \in T$, on a $\omega(\sigma\pi - \pi) = 1 + v(\sigma)$. Soit M_q l'ensemble de toutes les classes des restes contenant un $[(\sigma\pi - \pi) : \pi^{1+v_q}]^{n_{q+1}} (\sigma \in \overset{(q)}{V})$. φ_q étant l'exposant auquel appartient p (mod δ_q), M_q est un module d'espèce (O, ψ_q).

Soit $\sigma \in G$. Posons $\xi(\sigma) = \min \overline{\omega}(\sigma\alpha - \alpha) [\alpha \in K_{-1}; \ \overline{\omega}(\alpha) \geqq 0]$. On a $\xi(\sigma) \geqq 0$. Soient $\xi_0 < \xi_1 < \ldots < \xi_r = +\infty$ toutes les valeurs *positives* prises par $\xi(\sigma)$ (si O/o est séparable, on a $r = 0$). On posera de plus $\xi_{-1} = 0$; $\xi_q (-1 \leqq q \leqq r)$ s'appelle *le q-ième nombre d'inséparabilité de* K/k.

---

[1] Cf. ma précédente Note, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1813.

[2] *Journal f. d. reine und angew. Math.*, **176**, 1936, p. 141.

L'ensemble $\overset{(q)}{Z}$ des $\sigma \in G$ tels que $\xi(\sigma) \geqq \xi_q$ s'appelle *ensemble d'inséparabilité d'ordre q de* K/k, et son nombre d'éléments se désigne par ζ_q. Le dénominateur Δ_q de $\zeta_{q+1}\xi_q : e$ est premier à p.

Soit un $\rho \in K_{-1}$ tel que $\overline{\omega}(\rho) = 0$ et que la classe de restes contenant ρ engendre O/o. Si $\sigma \in G$, on a $\overline{\omega}(\sigma\rho - \rho) = \xi(\sigma)$. $\overline{\pi} \in k$ étant tel que $\overline{\omega}(\overline{\pi}) = 1$, soit $M^{(q)}$ l'ensemble de toutes les classes de restes contenant un $[(\sigma\rho - \rho) : \overline{\pi}^{\xi_q}]^{(\zeta_{q+1}:e)} (\sigma \in \overset{(q)}{Z})$. φ_q étant l'exposant auquel appartient p (mod Δ_q), $M^{(q)}$ est un module d'espèce (O, φ_q).

Théorème 2. — *Pour tout* $q(-1 \leqq q \leqq r)$ *il existe un corps* $K^{(q)}$, *dit le q-ième corps d'inséparabilité de* K/k, *tel que* $G_{K/K^{(q)}} = \overset{(q)}{Z}$. *On a* $(K^{(0)} : k) = (O^\star : o)$, *où* $O^\star/o$ *est le plus grand sous-corps séparable de* O/o; *si* $0 \leqq q < r$, $(K^{(q+1)} : K^{(q)})$ *est égal au nombre d'éléments de* $M^{(q)}$ (*donc à une puissance de* p^{φ_q}); $K^{(r)} = K_{-1}$. *Pour tout* $q(-1 \leqq q \leqq m)$ *il existe un corps* K_q, *dit le q-ième corps de ramification de* K/k, *tel que* $G_{K/K_q} = \overset{(q)}{V}$. *On a* $(K_{-1} : k) = (O : o)$; $(K_0 : K_{-1})$ *est premier à p: si* $0 \leqq q < m$, $(K_{q+1} : K_q)$ *est égal au nombre d'éléments de* M_q (*donc à une puissance de* p^{ψ_q}).

Théorème 3. — *L'extension* K/k *est primitive dans les cas suivants, et dans ceux-là seulement: 1° elle n'est pas ramifiée et* O/o *est une extension primitive; 2° on a* $K^{(0)} = k$, $K^{(1)} = K$ *et* $M^{(0)}$ *est simple; 3°* $(K : k)$ *est premier; 4° on a* $K_0 = k$, $K_1 = K$ *et* M_0 *est simple. Dans les cas 2° et 4°* $(K : k)$ *est une puissance de p. Si* O/o *est séparable le cas 2° ne peut pas se présenter, et si* $p = 0$ *il en est de même pour le cas 4°.*

III. *Suites génératrices.* — Appelons *suite génératrice* de K/k une chaîne de corps $k = Q_0 \subset Q_1 \subset \ldots \subset Q_s = K_1$, telle que $Q_{i+1}/Q_i (0 \leqq i < s)$ soit une extension primitive. La suite des degrés $(Q_{i+1} : Q_i)$ s'appellera la suite d'indices de la suite génératrice.

Théorème 4. — *Si* $K_{-1} = k$, *toutes les suites génératrices qui passent par* K_0 *ont la même suite d'indices, à l'ordre près.*

STATISTIQUE. — *Généralisation de l'inégalité de Boole.*
Note [1] de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

La fonction caractéristique $\Psi(t)$ de la distribution $w_n(x)$ des nombres x $(x = 0, 1, 2, \ldots, n)$ d'événements compatibles parmi $n (n \geqq 2)$, établie

[1] Séance du 11 octobre 1937.

dans un travail précédent [2], permet de généraliser l'inégalité de Boole. Soient

$$p(v_1, v_2, \ldots, v_k) = 1 - q(v_1, v_2, \ldots, v_k),$$

où

$$v_k > v_{k-1}, \quad \ldots, \quad v_2 > v_1 = 1, 2, \ldots, n \quad \text{et} \quad k = 1, 2, \ldots, n,$$

les $\binom{n}{k}$ probabilités initiales de l'existence simultanée de k événements compatibles parmi n. Je dis qu'on a

$$(1) \qquad q(1, 2, \ldots, n) \leqq \frac{\Sigma q(v_1, v_2, \ldots, v_k)}{\binom{n-1}{k-1}},$$

dont résulte pour $k = 1$ l'inégalité classique de Boole.

Lemme. — Pour une distribution discontinue limitée $w(x)$, d'une variable entière $x(0 \leqq x \leqq n \geqq 2)$, ayant les probabilités $P(x)$ d'une valeur supérieure ou égale à x, les moments factoriels $M_{(k)}$ définis par

$$(2) \qquad M_{(k)} = k! \sum_{x=k}^{n} \binom{x}{k} w(x),$$

sont reliés aux moments M_k calculés autour du commencement par l'équation symbolique

$$(3) \qquad M_{(k)} = \binom{M}{k} k!.$$

Remplaçons dans la relation

$$(4) \qquad M_{(k)} = k! \sum_{x=k}^{n} \binom{x-1}{k-1} P(x),$$

qui dérive de (2) toutes les probabilités $P(x)$ par l'unité, exception faite de la dernière.

Puisque

$$\sum_{x=k}^{n-1} \binom{x-1}{k-1} = \binom{n}{k} - \binom{n-1}{k-1},$$

on obtient l'inégalité

$$\frac{M_{(k)}}{k!} - \binom{n}{k} \leqq \binom{n-1}{k-1} [w(n) - 1].$$

---

[2] *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1637.

ou

(5) $$1 - w(n) \leqq \frac{\binom{n}{k} - \frac{M_{(k)}}{k!}}{\binom{n-1}{k-1}},$$

qui relie la dernière probabilité aux moments factoriels.

La fonction caractéristique $\Psi(t)$ d'une telle distribution, développée en série de Taylor

$$\Psi(t) = \sum_{x=0}^{\infty} \frac{M_x t^x}{x!},$$

peut être écrite d'une façon symbolique

$$e^{Mt} = [1 + (e^t - 1)]^M$$

ou

(6) $$\Psi(t) = \sum_{x=0}^{\infty} \binom{M}{x} (e^t - 1)^x,$$

équation qui relie, d'après (3), la fonction caractéristique aux moments factoriels.

Preuve du théorème (1). — Comparons (6) à la fonction caractéristique des nombres d'événements compatibles

(7) $$\Psi(t) = \sum_{x=0}^{\infty} S_x (e^t - 1)^x$$

ou

(8) $$S_x = \Sigma p(\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_x).$$

Alors on obtient tous les moments de la distribution des nombres d'événements compatibles par

$$\binom{M}{x} = S_x,$$

ou, d'après (3), par

(9) $$M_{(k)} = k!\, S_k.$$

L'extension des sommes (6) et (7) jusqu'à l'infini est légitime puisque les valeurs $\binom{M}{M+\nu}$ et $S_{n+\nu}$ n'existent pas pour $\nu \geqq 1$.

Puisque

$$w_n(n) = p(1, 2, \ldots, n),$$

l'inégalité (5) donne, suivant (9),

$$q(1, 2, \ldots, n) \leqq \frac{\binom{n}{k} - S_k}{\binom{n-1}{k-1}},$$

ce qui prouve, d'après (8), l'affirmation : la probabilité contraire à l'existence simultanée de tous les n événements compatibles est inférieure ou égale à la somme des probabilités contraires à l'existence des événements compatibles simples, doubles, multiples en nombre $k (k = 1, 2, 3, \ldots, n)$ divisée par le nombre des combinaisons de $n-1$ événements sur $k-1$. La question de savoir laquelle de ces inégalités est la plus forte dépendra du système des $2^n - 1$ probabilités initiales.

TOPOLOGIE. — *Filtres et ultrafiltres*. Note [1] de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure [2], à laquelle nous renvoyons pour les notations.

1. *Les filtres et la topologie*. — Un ensemble $\mathcal{E}$ est muni d'une topologie lorsqu'à chaque x de $\mathcal{E}$ on associe un filtre $\mathbf{V}(x)$ [les ensembles de $\mathbf{V}(x)$ s'appellent « voisinages de x »], de façon à satisfaire à la condition (T) que voici : appelons *ouvert* tout sous-ensemble E, tel que E appartienne à $\mathbf{V}(x)$ pour tous les x de E; la condition (T) est que les ensembles ouverts contenant x forment une *base* pour le filtre $\mathbf{V}(x)$.

Cela étant, on dit qu'un filtre $\mathbf{F}$, construit sur $\mathcal{E}$, converge vers un point x, ou encore que x est limite de $\mathbf{F}$, si $\mathbf{F}$ est plus fin que $\mathbf{V}(x)$. Dans ce cas, tout filtre plus fin que $\mathbf{F}$ converge aussi vers x. Si tous les filtres d'une famille convergent vers x, le filtre-intersection converge vers x.

Pour que deux points distincts x et y soient limites d'un même filtre $\mathbf{F}$, il faut et il suffit (*cf.* théorème 1 de la Note citée) que l'intersection d'un voisinage de x et d'un voisinage de y ne soit jamais vide. On exclut cette éventualité en supposant vérifié (ce que nous ferons désormais) l'axiome de Hausdorff : « si $x \neq y$, il existe un voisinage de x et un voisinage de y sans point commun ».

---

(1) Séance du 26 octobre 1937.
(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 595-598.

Un point x est point d'accumulation d'un filtre $\mathbf{F}$ s'il existe un filtre convergent vers x et plus fin que $\mathbf{F}$; ou encore, s'il existe un filtre plus fin que $\mathbf{F}$ et que $\mathbf{V}(x)$; ou encore, si l'intersection d'un ensemble de $\mathbf{F}$ et d'un voisinage de x n'est jamais vide. L'ensemble des points d'accumulation d'un filtre est *fermé*.

2. *Les filtres sur les espaces compacts.* — Rappelons qu'un $\mathcal{E}$ topologique est *compact* [3] si toute famille d'ensembles ouverts ayant $\mathcal{E}$ pour réunion contient une famille *finie* possédant la même propriété (Borel-Lebesgue). MM. Chevalley et A. Weil m'ont fait remarquer que cette définition équivaut à la suivante : *$\mathcal{E}$ est compact si tout filtre construit sur $\mathcal{E}$ possède au moins un point d'accumulation.* Autrement dit : quel que soit $\mathbf{F}$, il existe un filtre convergent plus fin que $\mathbf{F}$. Sur un compact, la famille Φ des filtres convergents satisfait donc aux deux conditions :

P — I : si $\mathbf{F}$ appartient à Φ, tout filtre plus fin que $\mathbf{F}$ appartient à Φ;

P — II : à tout $\mathbf{F}$ on peut associer un $\mathbf{F}' > \mathbf{F}$ qui appartient à Φ.

3. *Les familles privilégiées.* — Nous dirons qu'une famille de filtres (construits sur un $\mathcal{E}$ quelconque, muni ou non d'une topologie) est *privilégiée* si elle satisfait à P — I et à P — II. Une telle famille ne peut être vide. Une propriété des filtres (construits sur $\mathcal{E}$) sera dite privilégiée si les filtres qui la possèdent forment une famille privilégiée.

Théorème fondamental. — *Soit un ensemble de familles privilégiées Φ_i* (i parcourant un ensemble d'indices, fini ou infini). *La famille Φ des filtres appartenant à toutes les Φ_i est privilégiée, et, en particulier, n'est pas vide.*

Φ satisfait évidemment à P — I. Montrons qu'elle satisfait à P — II. Supposons que l'ensemble des i ait été bien ordonné; à chaque $\mathbf{F}$ et à chaque i associons un filtre $i(\mathbf{F})$ qui appartient à Φ_i et est plus fin que $\mathbf{F}$. Soit alors donné un $\mathbf{F}_0$ quelconque; on peut, d'une seule manière, associer à chaque i un filtre $\mathbf{F}_i$ de manière que

1° si i est le premier des indices, $\mathbf{F}_i = i(\mathbf{F}_0)$;

2° si i a un antécédent j, $\mathbf{F}_i = i(\mathbf{F}_j)$;

3° si i n'a pas d'antécédent, $\mathbf{F}_i =$ filtre-réunion des $\mathbf{F}_j$ pour $j < i$ (*cf.* théorème 2 de la Note citée).

Cela fait, le filtre-réunion de tous les $\mathbf{F}_i$ est plus fin que $\mathbf{F}_0$ et appartient à Φ. C. Q. F. D.

Corollaire. — Les filtres appartenant à *toutes* les familles privilégiées forment une famille privilégiée Φ_0. On vérifie : *pour que* $\mathbf{F}$ *appartienne*

---

[3] « bicompact » dans la terminologie d'Alexandroff-Hopf.

à Φ_0, *il faut et il suffit que tout filtre comparable à* **F** *soit plus grossier que* **F**; on dit alors que **F** est un *ultrafiltre*. Puisque Φ_0 est privilégiée, *il existe toujours un ultrafiltre plus fin qu'un filtre donné arbitrairement.*

Appliquons aux compacts : *pour que* $\mathcal{E}$ *soit compact, il faut et il suffit que tout ultrafiltre sur* $\mathcal{E}$ *soit convergent.*

4. *Image d'un filtre.* — Soient deux ensembles $\mathcal{E}$ et $\mathcal{E}'$, et f une fonction définie sur $\mathcal{E}$ et prenant ses valeurs dans $\mathcal{E}'$. L'*image directe* d'un filtre **F** (sur $\mathcal{E}$) est le filtre $f(\mathbf{F})$ (sur $\mathcal{E}'$) qui se compose des ensembles dont l'image inverse ([4]) appartient à **F**. Le filtre $f(\mathbf{F})$ a pour base les images directes des ensembles de **F**.

L'*image inverse* d'un filtre $\mathbf{F}'$ (sur $\mathcal{E}'$) se définit, dans le cas où les images inverses des ensembles de $\mathbf{F}'$ ne sont pas vides, comme le filtre $\overset{-1}{f}(\mathbf{F}')$ ayant pour base ces images inverses.

Si $\mathbf{F}'$ et $f(\mathbf{F})$ sont comparables, $\overset{-1}{f}(\mathbf{F}')$ existe et les relations

$$\mathbf{F}' < f(\mathbf{F}), \qquad \mathbf{F} > \overset{-1}{f}(\mathbf{F}')$$

sont équivalentes. En particulier, *si* **F** *est un ultrafiltre, son image directe est un ultrafiltre.*

Supposons maintenant que $\mathcal{E}'$ soit muni d'une topologie; soit $\mathbf{V}(x')$ le filtre des voisinages de x'. On dit que *la fonction* f *tend vers* x' suivant un filtre **F**, et l'on écrit

$$x' = \lim_{\mathbf{F}} f,$$

lorsque l'on a

$$\mathbf{V}(x') < f(\mathbf{F}), \qquad \mathbf{F} > \overset{-1}{f}[\mathbf{V}(x')]$$

(relations dont chacune entraîne l'autre). On définit de même les *valeurs d'accumulation* d'une fonction f suivant un filtre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations* $F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$ *qui ont une intégrale générale explicite.* Note de M. **Ernest Vessiot.**

Je voudrais compléter les résultats que j'ai énoncés dans une Note récente ([1]) en donnant le tableau des types auxquels on peut ramener, par

---

([4]) L'image inverse d'un sous-ensemble E' de $\mathcal{E}'$ se compose des éléments de $\mathcal{E}$ dont l'image directe (par f) appartient à E'.

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 643.

des transformations de contact, toutes les équations $F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$, qui ont au moins deux invariants du premier ou du second ordre pour chaque système de caractéristiques, et dont l'intégrale générale est explicite [2].

Premier cas. *Deux invariants pour chaque système.* — Types fournis par des faisceaux de transformations infinitésimales de la forme

$$\frac{\partial f}{\partial u} + u_0 \varphi_\alpha(u) L_\alpha, \quad \frac{\partial f}{\partial v} + v_0 \psi_\alpha(v) M_\alpha, \quad \frac{\partial f}{\partial u_0}, \quad \frac{\partial f}{\partial v_0} \qquad (\alpha = 1, 2, 3),$$

où (L_1, L_2, L_3), (M_1, M_2, M_3) sont des transformations infinitésimales qui définissent un couple de groupes paramétriques de l'une quelconque des cinq structures de groupes à trois paramètres.

1° *Structure simple* du groupe projectif de la droite; trois types :

a. $s = e^z$ (équation de Liouville), équation (IX) de Goursat;
b. $s = e^z\sqrt{p^2 - 1}$; l'équation (VII) de Goursat s'y ramène;
c. $s \operatorname{sh} z = \sqrt{p^2 - 1}\sqrt{q^2 - 1}$; l'équation (III) de Goursat s'y ramène.

2° *Structure* $(L_1, L_2) = (m - 1)L_1$, $(L_1, L_3) = -L_1$, $(L_2, L_3) = 0$; trois types suivant que l'on a *a.* $m \neq 0, 1$, *b.* $m = 1$, *c.* $m = 0$:

a. $sz + (m - 1)\theta(p)\theta(q) = 0$, la fonction $\theta(w)$ étant définie par

$$[w + (m - 1)\theta](w - \theta)^{m-1} = 1;$$

l'équation (IV) de Goursat se ramène à ce type, ainsi que (II) pour $m = 2$;

b. $s(x + y) = \theta(p)\theta(q)$, la fonction $\theta(w)$ étant définie par $\log(1 + \theta) = \theta + w$; l'équation (V) de Goursat s'y ramène;

c. $s + \dfrac{d}{dx}\left(\dfrac{e^z}{x - y}\right) + \dfrac{d}{dy}\left(\dfrac{e^{-z}}{x - y}\right) = 0$, équation (XI) de Goursat.

3° *Structure* $(L_1, L_2) = L_3 - L_2$, $(L_1, L_3) = -L_3$, $(L_2, L_3) = 0$; un type :

---

[2] J'indique comment s'inscrivent dans ce tableau les équations auxquelles Goursat (*Ann. de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 2e série, 1, 1899, p. 31-78 et 439-464) a ramené, par des transformations $x' = \xi(x)$, $y' = \eta(y)$, $z' = \zeta(x, y, z)$, toutes les équations de la forme $s = f(x, y, z, p, q)$ qui ont un invariant du second ordre pour chaque système de caractéristiques. Je les désigne par les chiffres romains que Goursat leur a attribués. Il se trouve que, à part (VI) et (VIII) (qui dépendent de fonctions arbitraires), ces équations de Goursat sont de types différents, c'est-à-dire sont irréductibles les unes aux autres par des transformations de contact.

$sz=\theta(p)\theta(q)$, la fonction $\theta(w)$ étant définie par $\theta=(\theta+w)\log(\theta+w)$; le cas singulier de l'équation (IV) de Goursat s'y ramène.

4° *Structure* $(L_1, L_2)=0$, $(L_1, L_3)=0$, $(L_2, L_3)=L_1$; un type :

$s(x+y)+2\sqrt{pq}=0$, équation (I) de Goursat.

5° *Structure abélienne;* un type, avec deux fonctions arbitraires, $\varphi(x)$, $\psi(y)$:

$$s+ap+bq+cz=0, \quad \text{avec} \quad a=-\frac{\partial \log G}{\partial y}, \quad b=-\frac{\partial \log E}{\partial x}, \quad c=ab,$$
$$E=\varphi-\psi+(y-x)\psi', \qquad G=\psi-\varphi+(x-y)\varphi';$$

c'est le type des équations de Laplace dont les invariants h_1 et k_1 (au sens de Darboux) sont nuls.

Deuxième cas. *Trois invariants pour un des systèmes.* — Types fournis par des faisceaux de transformations infinitésimales de la forme

$$\frac{\partial f}{\partial u}+u_1\frac{\partial f}{\partial u_0}+u_0\varphi_\alpha(u)L_\alpha, \quad \frac{\partial f}{\partial v}+v_0\psi_\alpha(v)M_\alpha, \quad \frac{\partial f}{\partial u_1}, \quad \frac{\partial f}{\partial v_0} \qquad (\alpha=1, 2),$$

où (L_1, L_2), (M_1, M_2) sont des transformations infinitésimales qui définissent un couple de groupes paramétriques de l'une ou l'autre des deux structures de groupes à deux paramètres.

1° *Structure non abélienne,* un type :

$s=qe^z$, équations (X) de Goursat. A ce type se ramènent, par des transformations de contact, les équations (VI) de Goursat;

2° *Structure abélienne,* un type :

$s(x+y)=p$, type des équations de Laplace dont les invariants (au sens de Darboux) satisfont aux conditions $h=k_1=0$, ou $k=h_1=0$. A ce type se ramènent par des transformations de contact, les équations (VIII) de Goursat.

Troisième cas. *Trois invariants pour chaque système.* — Toutes les équations $F(x, y, z, p, q, r, s, t)=0$, qui ont trois invariants indépendants du premier ou du second ordre, pour chaque système de caractéristiques, se ramènent au type $s=0$. Toutes ont donc une intégrale explicite, et toutes ont deux invariants indépendants du premier ordre pour chaque système.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe nouvelle de noyaux de Fredholm.* Note de M. **Michel Ghermanescu**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons les noyaux

$$K(x, y) = M(x, y) + N(x, y),$$

dont $M(x, y)$ est réel, symétrique et tel que

$$(1) \qquad (M, u) = \int_a^b u^2(x)\,dx - \int_a^b\int_a^b M(x, y)\,u(x)\,u(y)\,dx\,dy > 0,$$

quelle que soit la fonction $u(x)$, continue dans (a, b) et non identiquement nulle, tandis que $N(x, y)$ est un noyau symétrique gauche (Lalesco), réel aussi. A l'étude des noyaux-somme, tels que $K(x, y)$, on associe [1] celle de l'équation des noyaux

$$(2) \qquad P(x, y) = N(x, y) - \int_a^b \mathcal{M}(x, s)\,N(s, y)\,ds,$$

où $\mathcal{M}(x, y)$ représente le noyau résolvant de $M(x, y)$, correspondant à $\lambda = 1$, qui n'est pas valeur caractéristique pour $M(x, y)$, à cause de (1). On a aussi $I(\mathcal{M}, u) > 0$ (Anghelutza, *loc. cit.*, *a*).

Pour les noyaux considérés plus haut, nous avons obtenu les propriétés suivantes :

1° $P(x, y)$ *est un noyau symétrisable* $(-1, 1)$ *à gauche avec le noyau* $N(x, y)$, car le noyau

$$H(x, y) = \int_a^b N(x, s)\,P(s, y)\,ds$$

est symétrique.

2° $P(x, y)$ *est symétrisable* $(1, -1)$ *à gauche avec le noyau* $H(x, y)$, car

$$G(x, y) = \int_a^b H(x, s)\,P(s, y)\,ds$$

est un noyau symétrique gauche.

---

[1] D. V. Jonesco, *Bull. des Sc. Math.*, 50, 1926, p. 218 et 247; Th. Anghelutza, *a. Comptes rendus*, 188, 1929 p. 536 et *b. Bull. de la Soc. Roum. de Math.*, **35**, 1933, p. 23 et suiv.

3° $H(x, y)$ *est défini si* $N(x, y)$ *est fermé* car, en posant

$$v(x) = \int N(x, s)\, u(s)\, ds \not\equiv 0,$$

on obtient

$$\int_a^b H(x, y)\, u(x)\, u(y)\, dx\, dy = -I(\mathfrak{M}, v) < 0.$$

4° *Si* $\varphi(x)$ *est une solution de l'équation*

$$\varphi(t) - \lambda \int_a^b P(t, s)\, \varphi(s)\, ds = 0, \tag{3}$$

la fonction

$$\psi(x) = \varphi(x) - \int_a^b M(x, s)\, \varphi(s)\, ds = \lambda \int_a^b N(x, s)\, \varphi(s)\, ds \tag{4}$$

en est une pour l'équation associée

$$\psi(x) + \lambda \int_a^b P(s, x)\, \psi(s)\, ds = 0, \tag{5}$$

correspondant à la valeur caractéristique $-\lambda$.

La deuxième partie de l'égalité (4) est une conséquence du fait que les noyaux $M(x, y) + \lambda N(x, y)$ et $P(x, y)$ ont les mêmes solutions avec les mêmes valeurs caractéristiques (Anghelutza, *loc. cit.*, *a* et *b*). En multipliant ensuite (3) par $N(x, t)\, dt$ et en intégrant, on arrive, compte tenu de (4) et des propriétés des noyaux $N(x, y)$ et $H(x, y)$, à (5).

5° *Les valeurs caractéristiques du noyau* $P(x, y)$ *sont simples et de la forme* $i\alpha$.

$P(x, y)$ *constitue un exemple remarquable de noyau symétrique* (1, —1) *dont les valeurs caractéristiques sont des imaginaires pures, sans que le noyau symétrique* $H(x, y)$ *soit défini.*

6° *Les valeurs caractéristiques du noyau* $K(x, y)$ *sont simples, les unes réelles et les autres de la forme* $\pm i\alpha$.

Si $D_T(\lambda)$ est la fonction caractéristique du noyau $T(x, y)$, on a (Anghelutza, *loc. cit.*, *a* et *b*)

$$D_K(\lambda) = D_M(\lambda)\, L_P(\lambda),$$

ce qui démontre la propriété.

7° Soit $K(x, y)$ un noyau non symétrique, satisfaisant à (1). On obtient de tels noyaux, en ajoutant, par exemple, un noyau symétrique gauche à

un noyau symétrique qui satisfait à (1). Je profite de cette occasion pour signaler que la notion de noyau *défini* s'étend de la même manière à un noyau non symétrique.

On a alors la proposition suivante :

Les valeurs caractéristiques du noyau $K(x, y)$ *sont simples, les unes réelles et les autres de la forme* $\pm i\alpha$.

Il suffit de remarquer qu'on peut écrire

$$K(x, y) = \frac{1}{2}[K(x, y) + K(y, x)] + \frac{1}{2}[K(x, y) - K(y, x)] = M(x, y) + N(x, y),$$

où $M(x, y)$ est symétrique et satisfait à (1) en même temps que $K(x, y)$, tandis que $N(x, y)$ est symétrique gauche.

8° Lorsqu'on a seulement $I(K, u) \neq 0$, il faut ajouter une hypothèse supplémentaire pour conserver les propriétés 6° et 7°. Il suffit, par exemple, de supposer $N(x, y)$ fermé. Alors $H(x, y)$ est *défini* (prop. 3°) et le noyau $P(x, y)$ a des valeurs caractéristiques simples, de la forme $\pm i\alpha$ [O. Tzino (²), P. Sergesco (³)].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution du problème de Dirichlet.* Note (¹) de M. **Jean Leray**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit l'équation aux dérivées partielles du type elliptique

$$f(r, s, t, p, q, x, y, z) = 0. \tag{1}$$

Nous allons étudier l'allure des dérivées secondes des solutions de cette équation, puis énoncer un théorème d'existence basé sur cette étude des dérivées secondes et sur notre étude des dérivées premières, qu'expose une Note (²) précédente. Nous emploierons les notations de cette Note antérieure, dont les paragraphes 1, 2, ... et les relations (1), (2), ... seront désignés ici par 1*, 2*, ..., (1*), (2*), ...

1. Étude des dérivées secondes. — Premier cas : dans l'espace (r, s, t) la surface $f = 0$ et la conique à l'infini $rt = s^2$ n'ont pas de tangente commune.

(²) *Bull. de l'École Pol. de Timisoara*, 1, fasc. 2, 1926, p. 40-41.
(³) *Bull. de la Soc. Roumaine de Math.*, 26, 1926, p. 16-17.

(¹) Séance du 11 octobre 1937.
(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 268.

Extension d'un théorème de M. S. Bernstein (³). — Il est possible, dans ce cas, de majorer $r^2+s^2+t^2$ en fonction de f, du contour γ et du maximum de p^2+q^2.

Démonstration. — On effectue d'abord cette majoration le long de γ. L'identité et l'inégalité

$$\oint p\,dq=\iint(rt-s^2)\,dx\,dy,\qquad s^2-rt>\text{const.}(r^2+s^2+t^2)-\text{const.}$$

permettent de majorer $\iint(r^2+s^2+t^2)\,dx\,dy$. Une adaptation remarquable, due à M. Caccioppoli (⁴), d'un raisonnement de M. Lebesgue (⁵) fournit alors un module de continuité de p et de q. Ceci permet de définir, au voisinage de chaque point (x, y), une fonction $w(r, s, t, p, q)$ qui n'a pas de maximum relatif et qui est de la forme $\log(s^2-rt)+\text{fonct.}(p, q)$ pour les grandes valeurs de $r^2+s^2+t^2$. On peut, d'autre part, majorer $\iint\left\{\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2\right\}dx\,dy$ par un procédé analogue à celui qui a majoré $\iint(r^2+s^2+t^2)\,dx\,dy$. Ces propriétés de w donnent une borne supérieure de w, c'est-à-dire la majorante annoncée de $r^2+s^2+t^2$.

2. Étude des dérivées secondes. — Deuxième cas : dans l'espace (r, s, t) la surface $f=0$ a pour courbe à l'infini $rt=s^2$, quels que soient x, y, z, p, q. Autrement dit

$$(2)\qquad f\equiv rt-s^2+g(r, s, t, p, q, x, y, z)+\ldots=0\qquad (f'_r>0),$$

g étant homogène en r, s, t et de degré 1, les termes non écrits étant de degrés inférieurs. En outre nous supposerons (ce qui a toujours lieu quand $f=0$ est une équation de Monge-Ampère) que

$$(3)\qquad \text{borne inf.}\,(4f'_rf'_t-f'^2_s)>0$$

pour $p^2+q^2+z^2$ borné supérieurement et $f=0$.

Extension d'un théorème de M. S. Bernstein (⁶). — Dans ce cas la majoration des dérivées secondes n'est possible que si

$$(4)\qquad \left(\frac{\partial^2}{\partial p^2}+2\sigma\frac{\partial^2}{\partial p\,\partial q}+\sigma^2\frac{\partial^2}{\partial q^2}\right)g(1, \sigma, \sigma^2, p, q, x, y, z)\leqq 0.$$

Elle est possible, en fonction de f, de γ et du maximum de p^2+q^2 si (7) a

(³) S. Bernstein, *Math. Annalen*, 69, 1910, p. 119-125.

(⁴) R. Caccioppoli, *Rendiconti d. r. Accad. dei Lincei*, 22, 1935, p. 307-308.

(⁵) H. Lebesgue, *Rendiconti del Circ. mat. di Palermo*, 24, 1905, p. 56.

(⁶) S. Bernstein, *Annales de l'École Normale supérieure*, 27, 1910, p. 246-252.

lieu et si γ vérifie l'inégalité

$$(5) \qquad \pm[x''_{y^2} - \lim p^{-1} g(1, -x'_y, x'^2_y, p, q, x, y, z)] > 0$$

pour $p \to \mp\infty$, $|px'_y + q|$ borné, $\pm\varepsilon > 0$ (le § 1* définit ε).

Cette condition (5) n'est jamais plus stricte que les conditions imposées au contour γ par les paragraphes 1* et 2* (cf. § 3, *Remarques*).

Démonstration. — Nous utilisons les procédés décrits au paragraphe 1*, la transformation de contact d'Ampère [qui joue un rôle analogue à celui de la transformation ponctuelle (2*)], la notion, due à S. Lie, de courbe intégrale de (1) [afin d'interpréter géométriquement (4) et (5) et d'établir leur invariance] et enfin le *lemme* de M. S. Bernstein, qu'utilise déjà le paragraphe 1 : « Une fonction $w(r, s, t, p, q, x, y, z)$ n'admet de maximum relatif sur aucune solution de (1) quand elle vérifie une certaine inégalité aux dérivées partielles, du second ordre ».

3. Extension [7] de théorèmes d'existence de MM. E. Picard et S. Bernstein. — Soient deux surfaces $\Sigma_1(x, y)$ et $\Sigma_2(x, y)$ sur lesquelles on a respectivement $f \leqq 0$ et $f \geqq 0$; supposons $\Sigma_1 > \Sigma_2$; soit un contour γ tracé entre Σ_1 et Σ_2. Supposons ou bien que la surface $f = 0$ et la conique à l'infini $rt = s^2$ n'ont aucune tangente commune, ou bien que f est du type (2) et vérifie (3) et (4). Supposons en outre que l'équation $f = 0$ et le contour γ satisfont ou bien aux conditions énoncées au paragraphe 1* ou bien à celles du paragraphe 2*. Alors γ *limite au moins une solution régulière de* (1).

Remarques concernant la condition (4*). — Supposons réalisées les conditions énoncées aux paragraphes 1 et 1*; au lieu d'imposer à Γ' de satisfaire à l'inégalité (4*), il suffit de l'imposer à γ.

Supposons réalisées les conditions énoncées aux paragraphes 2 et 1*; la fonction $F(0, T, \pm 0, Q\, x, y, z)$ n'est pas définie hors de l'intervalle

$$\pm[T - \lim p^{-1} g(1, -Q, Q^2, p, q, x, y, z)] < 0 \qquad (p \to \pm\infty, \quad |pQ + q| \text{ borné}),$$

F ne vérifiant qu'à l'intérieur de cet intervalle les conditions que lui impose le paragraphe 1; on peut alors substituer à la condition que Γ' satisfasse à (4*) la suivante : la partie de Γ' comprise entre γ et Σ_2 satisfait à l'inégalité (5) et γ satisfait à l'inégalité (4*), dans laquelle $\pm$ est remplacé par le signe de $-\varepsilon$.

---

(7) Ce théorème englobe les théorèmes d'existence que nous avons énoncés aux paragraphes 1* et 2*.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les indices de couleur des étoiles* O *et* B *et l'absorption sélective de la lumière dans l'espace.* Note de MM. **Jean Dufay** et **Ssu Pin Liau**, présentée par M. Charles Fabry.

1. Nous avons montré qu'il existait une corrélation assez notable entre les indices de couleur photoélectriques C des étoiles des types o6 à B3, mesurés par Bottlinger et W. Becker, et les distances r de ces étoiles déduites de leurs magnitudes apparentes m et de leurs magnitudes absolues spectroscopiques M ([1]). Par contre la corrélation était négligeable entre C et M. Aussi pensions-nous que le *rougissement* des étoiles lointaines résultait, d'une manière statistique, de l'absorption sélective de la lumière dans l'espace, bien plutôt que d'un *effet de magnitude absolue*.

D'après D. Barbier et V. Maitre ([2]), cette opinion est basée « sur une confusion entre les vraies valeurs de r et de M et les valeurs hypothétiques attribuées à ces quantités » et la corrélation entre les valeurs vraies et les valeurs hypothétiques doit être plus grande pour les distances que pour les magnitudes absolues. Il est possible, en effet, que les magnitudes absolues spectroscopiques ne soient liées aux magnitudes absolues vraies que par une relation statistique assez lâche, car, entre C et m, la corrélation est déjà presque du même ordre qu'entre C et r.

2. Il est donc intéressant de chercher à évaluer les distances sans faire intervenir les magnitudes absolues spectroscopiques ni même les magnitudes apparentes. Nous avons déjà signalé l'existence d'une corrélation notable entre les indices de couleur C et l'intensité de la raie interstellaire K évaluée par Otto Struve ([1]). Elle subsiste lorsqu'on substitue aux évaluations de Struve celles plus récentes de J. S. Plaskett et J. A. Pearce ([3]). Or, d'après les recherches de ces derniers, les atomes de calcium ionisé sont répandus dans l'espace d'une manière assez uniforme pour que la distance moyenne r' d'un groupe d'étoiles soit liée à l'intensité moyenne i de la raie K (dans l'échelle arbitraire utilisée) par la relation

$$r'A = 4,4(i - 1,51),$$

([1]) J. Dufay et S.-P. Liau, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1372.

([2]) D. Barbier et V. Maitre, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1270.

([3]) J.-S. Plaskett et J.-A. Pearce. *Publication of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria*, 5, 1932, n° 3, p. 1.

où A est la constante de la rotation galactique différentielle ($0^{km},017$ par seconde et par parsec). Cette relation pourrait même servir à évaluer les distances des étoiles individuelles.

En calculant ainsi pour les 61 étoiles communes aux listes de Becker et de Plaskett, les distances r', puis, à l'aide des magnitudes apparentes, les magnitudes absolues correspondantes M', nous retrouvons une corrélation assez notable entre C et r' (coefficient de corrélation $R = +0,470 \pm 0,101$, soit du même ordre de grandeur qu'entre C et m) et une corrélation négligeable entre C et M'($R = -0,107 \pm 0,128$) (¹).

Il est peu vraisemblable que les deux systèmes de distances et de magnitudes absolues — r et M d'une part, r' et M' d'autre part — soient l'un et l'autre sans aucune relation avec les distances et les magnitudes absolues vraies. L'objection de D. Barbier et V. Maitre peut donc être écartée : l'absorption sélective est bien le phénomène principal et, comme on le verra dans une publication plus détaillée, nos efforts pour chercher à isoler un effet de magnitude absolue n'ont abouti qu'à des résultats négatifs.

3. Entre les distances r et r', il existe du reste une corrélation notable ($R = +0,513 \pm 0,096$), de même qu'entre les magnitudes absolues M et M' ($R = \pm 0,566 \pm 0,088$), mais les deux systèmes ne coïncident nullement. Par suite, les valeurs obtenues pour le coefficient d'absorption sélective (différence entre les coefficients d'absorption relatifs aux deux régions spectrales considérées) diffèrent beaucoup suivant que l'on adopte un système ou l'autre.

A partir des magnitudes absolues spectroscopiques, on trouve

$$k_{425} - k_{475} = +0,16 \pm 0,02$$

magnitude pour 1000 parsecs, valeur qui s'accorde parfaitement avec la plupart des déterminations antérieures, car elle correspondrait, dans le système des indices de couleur de King à 0,35 magn. pour 1000 parsecs. Mais en prenant comme critère de distance l'intensité de la raie K, on trouve un nombre deux fois et demie plus petit ($+0,06 \pm 0,02$ magn. pour 1000 parsecs). *L'incertitude actuelle des distances des étoiles* O *et* B *entraîne ainsi une indétermination considérable du coefficient d'absorption sélective.*

(¹) Si l'on élimine les 5 étoiles « c » et l'étoile anormale Boss n° 5150, on trouve, entre C et r' : $R = +0,465$, 0,106; entre C et M' : $R = -0,035$, 0,136.

4. En faisant usage des mêmes magnitudes absolues spectroscopiques, W. Becker a tiré de ses mesures $k_{425} - k_{475} = +0,095$ magn. pour 1000 parsecs ([5]). Mais, comme beaucoup d'auteurs, il considérait, au lieu des indices de couleur eux-mêmes, les *excès de couleur*, différences entre les indices individuels et l'indice moyen des étoiles du même type spectral. Ce procédé conduit à sous-estimer l'absorption, car les distances moyennes diminuent d'un type spectral au suivant de sorte que les indices moyens sont eux-mêmes affectés par l'absorption. Ceux de Becker passent par un minimum pour le type B_3, mais cette anomalie disparaît si on les corrige de l'absorption sélective (avec $k_{425} - k_{475} = 0,16$ magn. pour 1000 parsecs) et ils croissent alors régulièrement tout au long de la série spectrale. L'absorption sélective peut être la cause essentielle du désaccord souvent constaté entre les températures de couleur et les températures d'ionisation des étoiles des premiers types spectraux.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur des radiations ionisantes de petit quantum émises spontanément par les métaux ordinaires*. Note de MM. **Georges Reboul** et **Jean Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les métaux ordinaires émettent spontanément des radiations absorbables capables d'ioniser les gaz, d'impressionner indirectement la plaque photographique et de provoquer la condensation de la vapeur d'eau dans la chambre à détente.

I. Dans une première série d'expériences nous avons étudié l'ionisation produite dans des récipients métalliques (Sn, Pb, Fe, Zn, Al, Cu, Ni) de volume assez faible ($4^l,5$) pour qu'il fût possible de les entourer à volonté d'écrans de plomb pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur.

Les résultats obtenus montrent que cette ionisation est due en majeure partie à un rayonnement secondaire émis par les parois du récipient sous l'action d'un rayonnement extérieur, qui, dans nos conditions expérimentales, présentait dans le plomb un coefficient d'absorption massique voisin de $3.10^{-4}\,cm^2.g^{-1}$, c'est-à-dire correspondait à une partie dure du rayonnement cosmique. En outre les particularités présentées par les résultats :

([5]) *Veröff. der Universitätssternwarte zu Berlin Babelsberg*, 10, 1935, h. 6, p. 1.

irrégularités, fluctuations, sauts d'ionisation, etc., s'expliquent aisément par celles que l'on connaît pour le rayonnement cosmique.

II. Dans une deuxième série d'expériences faites avec des récipients plus volumineux (50 litres), nous avons déterminé les caractères des radiations émises. Nous opérons pour cela avec un condensateur plan de grande surface; ses armatures sont faites du métal étudié et il est placé à l'intérieur d'une caisse du même métal. L'armature reliée à l'électromètre présente un anneau de garde suffisamment large (15^{cm}) pour que l'action des parois latérales de la caisse ne se fasse pas sentir et que seule intervienne l'action des armatures en regard. Un mécanisme convenable permet de déplacer parallèlement à elle-même l'autre armature du condensateur et par suite de déterminer les valeurs de l'ionisation à diverses distances des surfaces métalliques.

L'expérience montre que l'ionisation est due, d'une part à l'action directe d'un rayonnement venant de l'extérieur, d'autre part à des radiations peu pénétrantes issues du métal et dont il est facile de calculer le coefficient d'absorption par le gaz (air ou CO^2) remplissant le récipient. Dans le cas de l'étain et du plomb, on peut mettre en évidence des radiations capables de traverser de minces feuilles d'aluminium ($0^{cm},002$) et que l'on peut caractériser par leur coefficient d'absorption dans ce dernier métal.

On a déduit la position de ces radiations dans le domaine intermédiaire en utilisant les relations établies expérimentalement [1] entre les coefficients d'absorption et les longueurs d'onde.

Voici les résultats moyens qui ont été obtenus :

Métal.	Coefficient d'absorp. moy. dans l'air.	l'aluminium.	Longueur d'onde Å.
Sn.......	0,45	702	5,5 et 2,5
Pb........	0,30	292	4,6 et 1,8
Fe..........	0,11	–	3,3
Zn..........	0,09	–	3,1
Al..........	0,10	–	3,2
Cu..........	0,13	–	3,5
Ni..........	0,16	–	3,8

(1) SPENCER, *Physical Review*, 38, 1931, p. 1932.

Ces valeurs s'entendent pour les conditions expérimentales dans lesquelles nous opérions (laboratoire très étroit au rez-de-chaussée d'un immeuble de quatre étages à murs très épais), elles seraient probablement un peu différentes dans d'autres conditions.

En somme les métaux ordinaires, comme les substances radioactives proprement dites, émettent constamment des radiations; ces dernières semblent appartenir à des bandes se situant dans la région des rayons X mous.

OPTIQUE. — *Sur un appareillage perfectionné pour l'étude subjective du mélange des couleurs.* Note de M. **Vitomir H. Pavlović**, présentée par M. Aimé Cotton.

Depuis que nous avons décrit [1] une nouvelle méthode pour étudier subjectivement le mélange des couleurs, nous avons apporté aux appareils utilisés des modifications qui ont rendu l'emploi de notre méthode bien plus pratique.

Pour faire la stroboscopie des disques de Newton convenablement modifiés par nous, nous avons utilisé le dispositif de Tesla en employant à la fois la lumière des étincelles et celle des tubes sans électrodes excités par les courants de Tesla. Pour alimenter le condensateur du circuit primaire de Tesla, nous avons employé une bobine d'induction de Ruhmkorff que nous branchions sur un secteur continu (1 kw, 120 V). Un interrupteur rotatif à turbine à mercure servait pour l'interruption régulière du courant dans la bobine d'induction. Avec un rhéostat nous faisions varier le nombre de tours du moteur et par conséquent le nombre des interruptions, c'est-à-dire le nombre des éclairs. Sur l'arbre d'un autre moteur nous avions fixé nos disques dont la vitesse pouvait atteindre 1200 tours par minute.

Or cet appareillage ne nous avait pas permis d'obtenir d'une façon bien satisfaisante la fixité des images si nécessaire dans une bonne cinématographie.

Pour faire en sorte que les images successives se recouvrent exactement, nous avons monté nos disques sur l'arbre *du même moteur* qui actionne l'interrupteur à mercure du primaire de la bobine d'induction qui alimente le circuit primaire de Tesla. Nous avons ainsi obtenu un synchronisme

---

[1] V.-H. Pavlović, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1635.

parfait de l'interrupteur et du disque. Pour faire varier régulièrement le nombre des éclairs pendant un tour du moteur, nous avons rendu mobiles, de façon qu'on puisse les faire monter ou descendre, les dents que vient rencontrer le jet de mercure. Sur le couvercle de l'interrupteur à turbine nous avons ménagé un certain nombre (six dans notre appareil) de trous équidistants sur une circonférence, à travers lesquels passent les dents que nous pouvons manœuvrer, monter, descendre, et aussi rapprocher plus ou moins, ces manœuvres se faisant de l'*extérieur*. Si l'on fait descendre une dent, on obtient une interruption du courant pendant un tour et un éclairement du disque, et *toujours dans la même position du disque*. Alors la stroboscopie de ce disque est parfaite. Si l'on fait descendre encore une dent diamétralement opposée, on obtient deux interruptions et par conséquent deux éclairs pour un tour. On a alors le mélange simultané de toutes les couleurs deux à deux. En faisant descendre trois dents à égales distances les unes des autres, on obtient trois fois plus d'éclairs que de tours et l'on observe le mélange par trois des couleurs séparées les unes des autres de 120°. De même pour les six dents. Seulement il faut régler la distance des dents *pendant la rotation du disque et son éclairage*. C'est pourquoi nous avons prévu que les dents pouvaient être mues de telle manière qu'on puisse faire varier un peu leur distance, toujours, bien entendu, de l'extérieur.

Pour augmenter plus encore l'éclairage des disques, nous avons monté plusieurs éclateurs (quatre dans nos expériences) et plusieurs bobines (trois dans nos expériences) avec des tubes sans électrodes, le tout en série dans le même circuit. L'expérience nous a montré que tous ces éclairs étaient simultanés.

En faisant toutes ces manœuvres et tous ces réglages bien simples, on peut faire le mélange d'un nombre, tel qu'on le désire, de couleurs, *sans changer la vitesse du moteur*. Celui-ci peut être un moteur synchrone. Toutefois, si l'on veut pouvoir changer le nombre d'impressions par seconde, il est mieux d'avoir un moteur dont la vitesse est réglable dans un intervalle suffisant.

Bien entendu les disques doivent être bien centrés et divisés en secteurs bien égaux.

SPECTROSCOPIE. — *Potentiels d'excitation des niveaux* $B^3\Pi$ *et* $C^3\Pi$ *de la molécule d'azote*. Note de M. **René Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

1. Le niveau $C^3\Pi$ de la molécule d'azote, niveau d'origine des bandes du second groupe positif $N_2(2P)$, est très facilement excité par bombardement électronique. En réduisant progressivement la vitesse des électrons excitateurs, on constate que l'intensité des bandes $N_2(2P)$ passe par un maximum très aigu vers 16 volts, puis décroît très rapidement pour s'annuler aux environs de 13 volts (1). Par contre les données spectroscopiques récentes permettent de situer $C^3\Pi$ à 11 volts au-dessus du niveau fondamental, ce qui fait apparaître un écart de 2 volts par rapport au résultat précédent.

Cette divergence apparente semble être la conséquence de l'extrapolation utilisée pour obtenir expérimentalement la valeur de 13 volts. La fonction d'excitation des bandes $N_2(2P)$ diminue extrêmement vite au voisinage de 13 volts et les bandes cessent d'être observables, ce qui ne signifie pas que la probabilité d'excitation du niveau correspondant soit devenue rigoureusement nulle.

2. Au cours d'une étude générale des mélanges de gaz monoatomiques et d'azote, j'ai été amené à constater l'extraordinaire facilité avec laquelle s'excite la molécule d'azote en présence des gaz légers : hélium et néon. D'ailleurs cette propriété subsiste même si la vitesse des électrons est trop faible pour exciter un niveau quelconque de l'atome d'hélium ou de néon.

On obtient ainsi sans difficultés les bandes $N_2(2P)$ et $N_2(1P)$ avec des électrons d'énergie respectivement inférieure à 12 et 10 volts. En utilisant un potentiel de 10,5 volts, on excite très fortement les bandes du premier groupe positif, sans la moindre trace des autres systèmes, ce qu'il est impossible d'obtenir avec de l'azote pur.

En somme, la présence d'hélium ou de néon augmente dans des propor-

---

(1) L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, 175, 1921, p. 225-227; D. C. Duncan, *Astrophysical Journal*, 62, 1925, p. 147-167; H. Sponer, *Zeits. f. Physik*, 34, 1925, p. 622-633; L. S. Ornstein et G. O. Langstroth, *Proc. Acad. Sc. Amsterdam*, 36, 1933, p. 384-390; O. Thieme, *Zeits. f. Physik*, 78, 1932, p. 412-422; W. Weizel et H. Fischer, *Zeits. f. Physik*, 89, 1934, p. 283-285; N. Thomson et S. E. William, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 147, 1934, p. 583-593.

tions considérables, et sans effet sélectif marqué, la probabilité d'excitation des différents niveaux de la molécule d'azote.

3. En me plaçant précisément dans ces conditions expérimentales, j'ai photographié une série de spectres correspondant à des potentiels progressivement décroissants. L'étude photométrique des spectrogrammes m'a permis de construire la courbe de la fonction d'excitation des bandes les plus intenses des trois systèmes $N_2(1P)$, $N_2(2P)$ et N_2^+. Pour obtenir le point origine des courbes, il faut aussi procéder par extrapolation, mais cette méthode devient beaucoup plus sûre, par suite de la connaissance plus précise de la forme des courbes au voisinage de l'origine.

Les courbes relatives à quatre bandes $N_2(2P)$: 4059, 3998, 3755 et 3577 Å, convergent nettement vers 11 volts, tandis que la courbe représentant l'évolution du système $N_2(1P)$ coupe la droite des intensités nulles au voisinage de 7,5 volts. La position de cette droite se trouve déterminée par la valeur bien connue du potentiel d'excitation des bandes du système négatif N_2^+. On est ainsi conduit à attribuer aux niveaux $B^3\Pi$ et $C^3\Pi$ des potentiels d'excitation très voisins de 7,5 et 11 volts. Il est difficile d'estimer la précision obtenue, par suite de l'impossibilité de se fixer une limite inférieure au cours de l'extrapolation. Par contre, on peut sans aucun doute prendre comme limites supérieures les valeurs résultant d'une extrapolation linéaire au voisinage de l'origine, soit 11,2 volts pour $C^3\Pi$ et 7,9 volts pour $B^3\Pi$.

Ces résultats confirment pleinement les données spectroscopiques déduites de l'étude des bandes dites de Végard-Kaplan. La classification de ces bandes, due à Herzberg, trouve ici une première confirmation expérimentale directe.

PHOTOGRAPHIE. — *Remarques sur les plaques sensibilisées au salicylate.* Note (1) de M. **Tien Kiu**, présentée par M. Charles Fabry.

1. J'ai signalé que le traitement des plaques photographiques par des solutions aqueuses de salicylate de sodium augmentait à la fois le contraste et la sensibilité pour les radiations du proche ultraviolet (2). Ainsi, sur

(1) Séance du 18 octobre 1937.

(2) Tien Kiu, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1348; *Sc. Ind. Phot.*, 2e série, **8**, 1937, p. 1.

une plaque Superfulgur traitée par une solution à 10 pour 100 de salicylate, la densité 2,5 peut être obtenue avec un éclairement plus de 2 fois plus petit que sur la plaque non traitée, avec la même durée de pose. Les mêmes propriétés subsistent, mais très atténuées jusque dans le spectre visible ([3]). Mes mesures, faites à l'aide d'un microphotomètre de Fabry et Buisson, n'avaient porté que sur les densités comprises entre 1,5 et 3,5.

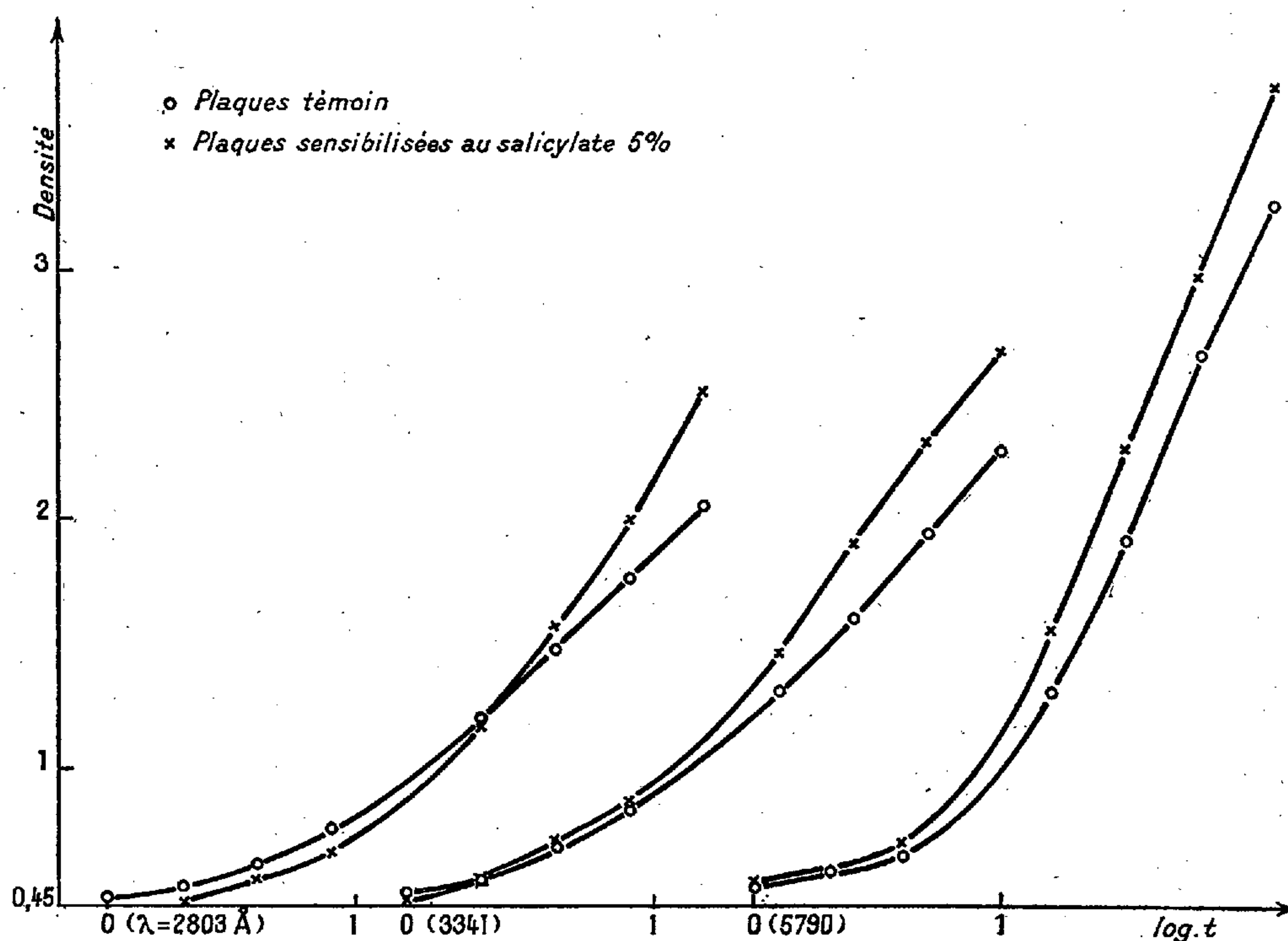
Plus récemment, M. Herman et Mlle Bernstein ([4]) ont fait connaître les résultats de nouvelles expériences, dans lesquelles les mesures ont porté au contraire sur des densités inférieures à 2. Ils trouvent que le traitement par le salicylate produit une diminution de la sensibilité dans tout le domaine spectral compris entre 2500 et 6000 Å, et ils pensent pouvoir l'attribuer « soit à la diffusion de la lumière incidente par les cristaux de salicylate (longueurs d'onde supérieures à celles de la bande de fluorescence) ([5]), soit au fait que le rayonnement de fluorescence est également réparti dans toutes les directions (longueurs d'onde inférieures à celles de la bande de fluorescence) ». Et ils concluent : « Dans le spectre visible et dans la région ultraviolette voisine de la bande de fluorescence la comparaison quantitative des résultats obtenus avec les plaques traitées et non traitées fournit bien des rapports d'éclairements effectifs voisins de 1/2 et, par conséquent, en bon accord avec l'interprétation précédente. »

2. J'ai repris l'étude des plaques au salicylate, suivant la même technique que dans mes premières expériences, en faisant porter les mesures sur un intervalle de densité plus grand, de 0,5 à 4, à l'aide d'un microphotomètre de Fabry et Buisson et d'un microphotomètre enregistreur de Moll. Pour les densités élevées, mes anciennes mesures sont confirmées; pour les faibles densités, les résultats diffèrent assez notablement de ceux de M. Herman et Mlle Bernstein. Les courbes de noircissement des plaques traitées et non traitées aboutissent en effet sensiblement au même seuil, dans le cas des longueurs d'onde supérieures à 3341 Å. Mais elles se coupent (au voisinage de la densité 1,3) dans le cas de longueurs d'onde inférieures à 3341 Å. C'est seulement pour ces radiations que se manifeste ainsi une légère désensibilisation dans la région de sous-exposition. La figure ci-dessous montre, à titre d'exemple, les courbes de noircissement à

([3]) Tien Kiu, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1144.
([4]) L. Herman et Mlle F. Bernstein, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1868.
([5]) Il faut comprendre sans doute inférieure à celle de la bande d'absorption.

temps de pose variable, relatives aux raies 2803, 3341 et 5790 Å, pour une plaque Lumière *Superaviachrome* traitée par une solution à 5 pour 100 de salicylate et pour la plaque témoin développée en même temps.

Ces résultats concernent des plaques préparées avec soin et séchées rapidement qui ne présentent ni irrégularité, ni voile exagéré (différence avec la plaque témoin inférieure à 0,05). Comme l'ont remarqué M. Herman et Mlle Bernstein, le traitement par des solutions aqueuses peut donner des résultats irréguliers. Des plaques défectueuses peuvent manifester une désensibilisation plus ou moins marquée.



3. L'explication de la désensibilisation suggérée par M. Herman et Mlle Bernstein soulève des difficultés.

a. Radiations absorbées par le salicylate. — Même si l'on admet que la moitié du rayonnement de fluorescence est perdu pour l'émulsion (c'est un maximum), « l'éclairement effectif » ne peut pas être réduit de moitié, car la plaque est beaucoup plus sensible pour le rayonnement de fluorescence que pour le rayonnement absorbé. On ne peut pas comparer les éclairements produits sur une plaque par des radiations de longueurs d'onde différentes.

La transformation incomplète en rayonnement de fluorescence (le rendement qua-

tique paraissait voisin de 0,7) (6) peut intervenir pour expliquer la désensibilisation dans la région de sous-exposition.

b. Radiations non absorbées. — Une partie importante de la lumière tombant sur une plaque quelconque est toujours diffusée à la surface de l'émulsion et perdue pour celle-ci. La présence de petits cristaux de salicylate peut bien augmenter un peu la proportion de lumière diffusée; mais pas au point de réduire l'éclairement effectif à la moitié de sa valeur. Du reste, pour les radiations non absorbées par le salicylate, je ne trouve pas de désensibilisation.

La légère augmentation de densité pour les grandes longueurs d'onde peut résulter de l'action de l'ion Na^+, car je trouve qu'elle disparaît lorsqu'on utilise des solutions alcooliques au lieu de solutions aqueuses.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'isolement de la cémentite* pure *par attaque acide des matériaux ferreux et sur quelques propriétés physiques de ce corps.* Note (1) de MM. **Alexandre Travers** et **Robert Diebold**, présentée par M. Robert Lespieau.

Tous les auteurs (2) qui ont tenté d'isoler la cémentite par attaque acide simple, ou dissolution anodique, en milieu acide, des métaux ferreux, ont donné des analyses très rarement d'accord avec la formule Fe^3C, et correspondant presque toujours à des teneurs en carbone *plus élevées* que le chiffre théorique (6,67).

Par exemple, Westgren (2), qui a donné le premier le diagramme de rayons X de la cémentite, indique C pour 100 6,85, 8,9 et 11,65.

Les chiffres d'Arnold et Read (2) sont aussi plus élevés que 6,67.

La réaction conduit en effet à une décomposition du carbure, accompagnée de mise en liberté de carbone. L'élimination complète de ce carbone est assez délicate. Ruff et Gersten (3) ont proposé de séparer le carbone par flottage dans des liqueurs lourdes. Nous avons réussi à isoler Fe^3C *pur* en

(6) P. Dubouloz, Thèse, Lyon, 1933.

(1) Séance du 26 octobre 1937.

(2) Arnold et Read, *J. Chem. Soc.*, 65, 1894, p. 788; Campbell, *Amer. Chem. J.*, 18, 1895, p. 836; Mylius, Fœrster et Schœne, *Z. anorg. Chem.*, 13, 1897, p. 38; Westgren et Phragmen, *Z. phys. Chem.*, 161, 1927, p. 1; Maurer et Hartmann, *Z. anorg. Chem.*, 161, 1927, p. 287; Mittasch et Kuss, *Z. Electroch.*, 34, 1928, p. 165.

(3) Ruff et Gersten, *Ber. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 65.

nous inspirant d'une méthode analogue; la matière première était une fonte blanche extra pure à 3,4 pour 100 de C, ne renfermant que des traces de Mn, et 0,3 Si.

Le résidu dense obtenu dans l'attaque était lavé plusieurs fois à l'alcool dans un bécher très haut, puis traité par le trichloréthylène ($d = 1,47$) fraîchement distillé; on terminait par un lavage à l'alcool pour éliminer le précédent solvant, et enfin lavage à l'éther anhydre, suivi du séchage dans un courant d'azote.

Le produit obtenu se présente sous la forme de grains très fins, onctueux au toucher, *friables*. Le carbure préparé par attaque anodique (méthode d'Arnold et Read) présente une légère irisation jaune paille tandis que le carbure isolé dans l'attaque acétique (CH^3CO^2H, N^{al}) est gris d'acier. Peut-être se produit-il une légère oxydation dans l'attaque anodique. L'analyse donne le chiffre théorique de fer, et fixe le carbone à 6,6, avec une erreur relative de 1 pour 100 environ. La combustion au four électrique est faite sous une légère pression d'oxygène, on mesure le *volume* de CO^2 dégagé (appareil de Ströhlein).

Étude de quelques propriétés physiques du carbure Fe^3C *pur.* — 1° *Point de Curie.* — M. Chevallier a bien voulu déterminer le point de Curie de cette cémentite.

Alors que les déterminations données dans la littérature, faites sur des échantillons impurs accusaient des divergences notables [Wologdine ([4]) indique 180°; Honda et Takagi, Ishiwara, Honda et Murakani, Lehrer, les Établissements Schneider, Mittasch et Kuss 215°; Tamman et Ewig, Smith 210°], les valeurs trouvées sur nos préparations ont donné *exactement* 210°, valeur qui concorde tout à fait avec la température de l'anomalie de dilatation signalée par M. Chevenard ([5]), et avec la discontinuité dans les mesures calorimétriques, reconnu par Wever ([6]).

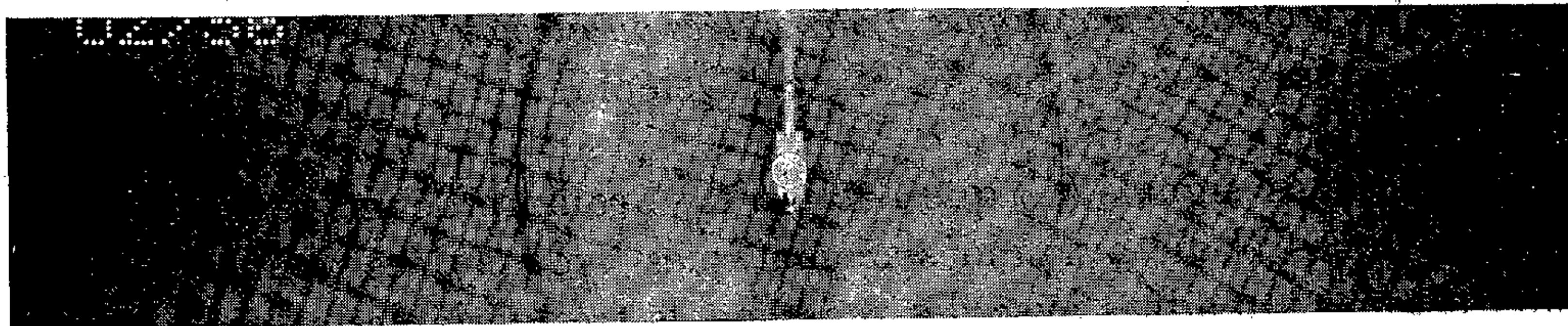
([4]) Wologdine, *Comptes rendus*, **148**, 1903, p. 776; *Les Établissements Schneider*, 6e *Kongr. Intern. Verb. Material*, 1912; Smith, *Proc. Phys. Soc.*, **25**, 1912-1913, p. 77; Honda et Takagi, *Sc. Rep. Tohoku*, **14**, 1915, p. 161; Honda et Murakani, *ibid.*, **16**, 1917, p. 25; Ishiwara, *ibid.*, **19**, 1920, p. 405; Tamman et Ewig, *Z. anorg. Chem.*, **167**, 1927, p. 390; Lehrer, *Z. techn. Phys.*, **9**, 1928, p. 142; Mittasch et Kuss, *Z. Electroch.*, **34**, 1928, p. 165.

([5]) Chevenard, *Comptes rendus*, **164**, 1917, p. 1005.

([6]) Wever, Mitt et K. Wilh, *Inst. Eisenforsch.*, **4**, 1922, p. 69.

2. *Spectre de rayons X.* — Le spectre de rayons X, très net, a été déterminé par M. Fournier. Nous le donnons ci-dessous.

Carbure I s/Fe



Tension, 25 Kv; intensité, 10 millia.; pose, 1 heure; anticathode Fe, $K\alpha$; $\lambda = 1,923$.

3. *Potentiel électrolytique de* Fe^3C. — La détermination du potentiel vrai de dissolution de Fe^3C pur, présente un très grand intérêt dans l'étude du phénomène de corrosion acide.

Nous avions indiqué qu'on trouvait dans la thèse de M. J. Aubert (1933) une mesure approximative faite sur des échantillons de carbure impur en *poudre,* renfermant du C libre. Ces mesures avaient été faites par la méthode du panier de platine, décrite à cette date.

Pour répondre à une objection de M. Evans, nous avons constitué, avec la poudre de carbure pur une électrode *massive*, à la presse hydraulique. Les mesures ont été faites *dans l'azote rigoureusement désoxygéné.*

Le potentiel, mesuré par rapport à l'électrode au calomel (KCl saturé), est voisin de $-0,320$ volt, pour $pH = 2,3$; il baisse ensuite jusqu'à $-0,500$ volt en milieu de pH voisin de 7(7,3). Il y a donc *augmentation d'activité en milieu neutre* et au contraire *diminution en milieu acide, exactement comme pour le fer.*

La cémentite est bien positive par rapport au fer, et le couple Fe^3C, Fe atteint 0,230 volt, en milieu neutre, à 18°.

Lorsque le pH croît au delà de 7,5, le potentiel remonte; nous n'avons pu expliquer ce phénomène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens mixtes sur quelques amides aromatiques hydroxylées ou alcoxylées.* Note de M. **Paul Couturier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons signalé (¹) que l'action du bromure de magnésium-éthyle sur certaines N-diéthylamides aromatiques hydroxylées donne naissance aux cétones attendues avec des rendements très variables selon la nature, le nombre et la position des substituants sur le noyau des diéthylamides utilisées. C'est ainsi que la diéthylamide orthohydroxybenzoïque (salicylique) donne la cétone correspondante (orthohydroxypropiophénone) avec un rendement excellent tandis que l'isomère para ne donne que 5 pour 100 de cétone dans les mêmes conditions; la diéthylamide 3.4-dihydroxybenzoïque ne réagit pas.

Nous avons alors étudié, à titre de comparaison, l'action du bromure de magnésium-éthyle sur la diéthylamide possédant à la fois un hydroxyle en position ortho et un en para (diéthylamide β résorcylique, F. 142°). Nous avons préparé cette amide en saponifiant par la soude étendue la diéthylamide 2.4-diacétoxybenzoïque (F. 79°) obtenue elle-même à partir du chlorure d'acide correspondant et de la diéthylamine.

Cette amide traitée par cinq molécules de bromure de magnésium-éthyle dans le benzène bouillant ne nous a donné que 10 pour 100 de 2.4-dihydroxypropiophénone; le reste de l'amide se retrouve inaltéré après hydrolyse du complexe organomagnésien. Dans les mêmes conditions, la diéthylamide orthohydroxylée donnait 82 pour 100 de cétone et l'isomère para 5 pour 100.

La réactivité du groupement diéthylamide vis-à-vis des dérivés organomagnésiens est donc favorisée par la présence en ortho d'un groupement hydroxylé et très amoindrie si l'hydroxyle est en para.

Pour tenter d'obtenir cependant les cétones possédant des groupements hydroxylés en position méta et para, nous avons essayé de préparer leurs dérivés méthylés à l'oxygène avec l'intention de les déméthyler ensuite.

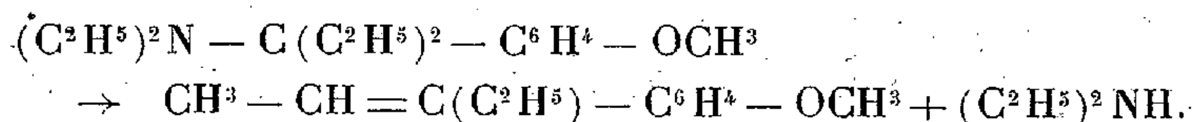
Nous avons condensé le bromure de magnésium-éthyle dans le benzène bouillant avec les diéthylamides ortho (Éb. 170° sous 17^{mm}) et paraméthoxybenzoïques, 3.4-diméthoxybenzoïque et 3.4.5-triméthoxyben-

---

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1994.

zoïque. Dans tous les cas, nous avons obtenu les cétones attendues : mono-, di-, et triméthoxypropiophénones avec des rendements de l'ordre de 60 à 80 pour 100. Cette méthode constitue donc un bon procédé pour préparer ces cétones exemptes d'isomères.

D'autre part, nous avions indiqué dans notre Note précédente que la N-diéthylamide *p*-méthoxybenzoïque (anisique) fournissait, outre la cétone, un produit basique (picrate F. 115° décomposé), avec un rendement de 15 pour 100. C'est le 3(*p*-méthoxyphényl)-3-diéthylaminopentane qui, en solution chlorhydrique, perdait une molécule de diéthylamine en donnant un composé éthylénique. Ce composé éthylénique est le 3(*p*-méthoxyphényl) pentène 2-3 qui s'est formé selon l'équation.

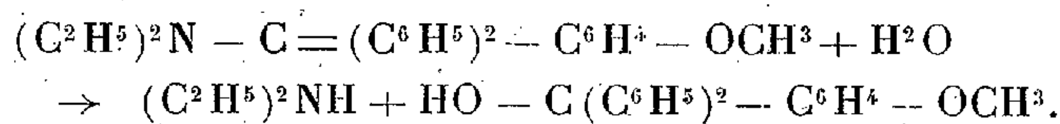


$$(C^2H^5)^2N - C(C^2H^5)^2 - C^6H^4 - OCH^3 \\ \rightarrow CH^3 - CH = C(C^2H^5) - C^6H^4 - OCH^3 + (C^2H^5)^2NH.$$

L'isomère orthométhoxylé donne aussi une petite quantité de produit basique.

Nous avons également fait agir sur la diéthylamide paraméthoxybenzoïque le bromure de magnésium-phényle.

Dans ce cas, nous n'avons pas trouvé de cétone, mais, à côté d'une assez forte proportion d'amide inaltérée, nous avons obtenu une base (Eb. 117° sous 3^{mm}) avec 25 pour 100 de rendement. C'est le *p*-méthoxyphényldiphényl-diéthylaminométhane. Cette base, comme la précédente, est très instable en solution acide même diluée et se décompose entièrement à froid, en quelques jours en *p*-méthoxyphényldiphényl-carbinol et diéthylamine :



$$(C^2H^5)^2N - C = (C^6H^5)^2 - C^6H^4 - OCH^3 + H^2O \\ \rightarrow (C^2H^5)^2NH + HO - C(C^6H^5)^2 - C^6H^4 - OCH^3.$$

Elle s'est formée et se décompose selon des processus identiques à ceux de formation et de décomposition de la base obtenue par Busch (²) citée dans notre Note précédente (¹).

Enfin, étant donné que les amides simples donnent aussi naissance à des cétones (³), mais cette fois exemptes de bases, nous avons essayé de condenser le bromure de magnésium-éthyle respectivement avec les amides simples *p*-méthoxybenzoïque et 3.4.5-triméthoxybenzoïque afin d'obtenir de façon plus simple les cétones alcoxylées. Nous avons effectué la conden-

(²) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 43 (II), 1910, p. 2553.

(³) Béis, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 575.

sation dans le benzène bouillant. Après hydrolyse du complexe par la glace et le chlorure d'ammonium, nous avons trouvé dans les solutions benzéniques les cétones attendues : mono- et tri-méthoxypropiophénones mélangées avec une forte proportion de leurs imines respectives.

Le rendement est excellent (70 pour 100) et l'on récupère le reste de l'amide inaltérée.

Ces imines sont assez stables et peuvent être séparées des cétones au moyen de l'acide chlorhydrique dilué puis précipitées aussitôt par la soude. Elles fondent respectivement à 45° et 48°; elles se décomposent rapidement en solution chlorhydrique en libérant de la cétone; en tube fermé, elles dégagent spontanément de l'ammoniac, probablement avec formation de cétisocétimines [4].

La déshydratation des amides par les dérivés organomagnésiens mixtes a été signalée en série grasse à propos des acétamides trisubstituées par Mme Ramart, Mlle Laclôtre et M. Anagnostopoulos [5]. Ces amides fournissent alors, selon les cas, le nitrile, l'imine ou la cétone correspondante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action réductrice des benzylates alcalins sur les aldéhydes hydratropiques et α-alcoylcinnamiques.* Note de M. **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Étudiant, en collaboration avec MM. L. Palfray et S. Sabetay [1], l'action des benzylates alcalins sur divers aldéhydes cycliques ou acycliques, aldolisables ou non, nous avons constaté qu'il y avait hydrogénation non seulement du carbonyle, mais encore de la liaison éthénique qui pouvait se trouver en position α, β.

Nous avons donc pensé que, dans le cas d'un aldéhyde non éthénique, on devrait pouvoir mettre en évidence un dégagement d'hydrogène et que, dans le cas d'un aldéhyde éthénique, on devrait pouvoir maîtriser la réaction et obtenir, à volonté, soit l'alcool éthénique, soit l'alcool saturé.

I. Tout d'abord, si l'on chauffe à l'ébullition de la potasse benzylique 2N, on n'observe aucun dégagement gazeux. Mais, si on laisse alors tomber sur cette potasse une goutte d'aldéhyde non éthénique, par exemple aldé-

---

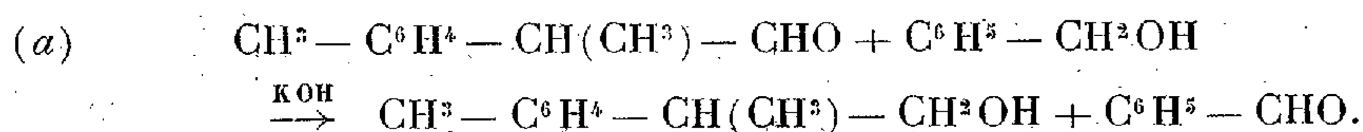
(4) Moureu et Mignonac, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1395; 159, 1914, p. 149.

(5) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 282.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1523.

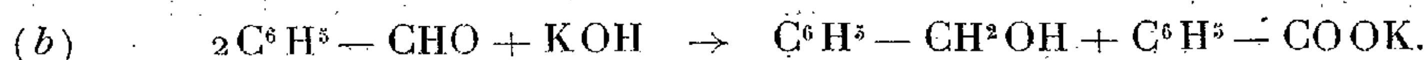
hyde hydratropique ou *p*-méthylhydratropique, il se fait un vif dégagement d'hydrogène, qui se renouvelle à chaque goutte ajoutée. Nous avons fait un essai d'ordre qualitatif sur 1/10ᵉ de molécule. Sur 200ᵍ de potasse benzylique bouillante, nous avons fait tomber, goutte à goutte, 15ᵍ d'aldéhyde *p*-méthylhydratropique. Au bout de 2 heures, l'addition était terminée. On a recueilli 320$^{cm^3}$ d'hydrogène et l'on a isolé 12ᵍ d'alcool *p*-méthylhydratropique, outre l'alcool benzylique et l'acide benzoïque, comme d'ordinaire.

On peut expliquer ces résultats en supposant qu'il y a eu d'abord échange fonctionnel



$$(a)\quad CH^3-C^6H^4-CH(CH^3)-CHO+C^6H^5-CH^2OH \xrightarrow{KOH} CH^3-C^6H^4-CH(CH^3)-CH^2OH+C^6H^5-CHO.$$

L'aldéhyde benzoïque formé réagit alors dans deux directions différentes, (*b*) la réaction de Cannizzaro pure et simple, (*c*) la transformation en acide benzoïque, avec libération d'hydrogène (²)



$$(b)\quad 2C^6H^5-CHO+KOH \rightarrow C^6H^5-CH^2OH+C^6H^5-COOK.$$



$$(c)\quad C^6H^5-CHO+KOH \rightarrow C^6H^5-COOK+H^2.$$

L'étude quantitative de la réaction sera faite ultérieurement. Quant à présent, les alcools hydratropique et *p*-méthylhydratropique, préparés par cette voie, présentent les constantes suivantes :

				Allophanate.
Alc. hydratropique (³)......	$E_{18}=116°$	$d_4^{16}=1,0070$	$n_D^{17,5}=1,5265$	F.175°
Alc. *p*-méthylhydratropique.	$E_{17}=124°$	$d_4^{21}=0,9865$	$n_D^{21}=1,5191$	F.157°

II. Ce dégagement d'hydrogène libre nous explique pourquoi on avait obtenu des dérivés saturés quand on traitait les aldéhydes α, β éthéniques par la potasse benzylique, même à 100° (⁴). Serait-il possible d'empêcher ce dégagement d'hydrogène dû à la réaction (*c*)? A l'ébullition, la soude

(²) MM. Delépine et Horeau (*Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 1529) ont déjà invoqué un mécanisme analogue pour rendre compte de l'hydrogénation du galactose par le platine, en présence de soude. Nos résultats sont en pleine concordance avec les leurs.

(³) L'alcool hydratropique a été préparé autrement par M. Tiffeneau (*Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, 10, 1908, p. 352), qui a trouvé comme constantes $E_{14}=113-114°$, $d^0=1,017$. Sur l'alcool *p*-méthylhydratropique, rien, à notre connaissance, n'a encore été publié.

(⁴) *Comptes rendus, loc. cit.*, p. 1524.

benzylique, essayée dans cette vue, nous a donné les mêmes résultats que la potasse. Au contraire, à 100°, elle se comporte comme moins réductrice, n'attaque aucunement la double liaison α, β et donne l'alcool éthénique avec d'excellents rendements.

Nous exposerons avec quelque détail l'exemple de l'aldéhyde α-éthylcinnamique, puis, dans un tableau d'ensemble, nous grouperons les constantes des alcools α-alcoylcinnamiques, préparés par cette méthode, et dont plusieurs sont nouveaux.

20g d'aldéhyde α-éthylcinnamique sont mélangés avec 200g d'alcool benzylique. On ajoute 20g de NaOH en pastilles. On chauffe sur bain-marie durant 12 heures, tout en agitant mécaniquement. La pâte rougeâtre qui s'est formée est reprise par l'eau. Il se sépare une couche huileuse qu'on épuise à l'éther. On sèche sur SO^4NO^2 et distille. L'alcool benzylique passe d'abord, après quoi on isole l'alcool α-éthylcinnamique. Dans la couche aqueuse, on ne trouve que du benzoate de sodium. Le rendement est de 18g d'alcool, soit 90 pour 100.

Nous devons rappeler, à ce propos, que les alcools α-éthyl et α-amylcinnamiques ont déjà été préparés par Bogert et Powell d'une part [5], puis par Michelet [6], suivant une méthode assez différente, celle de Meerwein et Schmidt [7], mais avec des rendements de l'ordre de 50 pour 100 pour Bogert et Powell, de 27 pour 100 pour Michelet dans le cas de l'alcool éthylcinnamique. En outre, les constantes données sont incomplètes, alors que tous nos alcools ont été régénérés de leur allophanate dûment purifié.

Alcools.	E.	d.		Rn calc.	Rn tr.	Allophanate.
α-Éthylcinn..........	$E_{15}=134°$	$d_4^{21}=1{,}0030$	$n_D^{20}=1{,}5430$	50,15	50,89	F=147°
α-*n*-Butyl............	$E_{15}=155$	$d_4^{21}=0{,}9628$	$n_D^{22}=1{,}5230$	59,68	60,28	F=155
α-Pentyl-(*n*-amyl)....	$E_{12}=162$	$d_4^{19}=0{,}9549$	$n_D^{17,6}=1{,}5249$	64,24	65,40	F=160
α-Hexyl	$E_{15}=176$	$d_4^{22}=0{,}9335$	$n_D^{22}=1{,}5095$	68,85	69,76	F=142
α-Octyl..............	$E_{15}=198$	$d_4^{23}=0{,}9265$	$n_D^{24}=1{,}5071$	78,16	79,03	F=138
α-Nonyl	$E_{17}=212$	$d_4^{22}=0{,}9199$	$n_D^{23}=1{,}5017$	82,77	83,33	F=132
α-Nonylényl..........	$E_{17}=212$	$d_4^{21,5}=0{,}9270$	$n_D^{23}=1{,}5082$	82,30	82,99	F=127
α-Décyl (F. 42°)......	$E_{15}=221$	–	–	–	–	F=137

La méthode est facile. Les rendements sont généralement très bons. Et

---

(5) M. Bogert et C. Powell, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1605.
(6) R. Michelet, *Thèse*, Lyon, 1932, p. 125.
(7) H. Meerwein et R. Schmidt, *Ann. Chem.*, 444, 1925, p. 221.

il suffit de passer de la température de 100° à celle de 200° pour obtenir, à volonté, les alcools α-alcoylcinnamiques ou les alcools saturés correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de l'isoprène et du diméthylbutadiène*. Note de MM. **Georges Dupont** et **Charles Paquot**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'isoprène utilisé ici a été obtenu par dépolymérisation du limonène. Le meilleur rendement (22 pour 100) a été donné par le passage des vapeurs du carbure à 450° sur de la ponce platinée. Le diméthylbutadiène a été obtenu par déshydratation de la pinacone anhydre à l'aide de SO^4KH (rendement 51 pour 100) (1).

Hydrogénation catalytique à l'aide du nickel. — Il a été montré (2) que sur le myrcène, la fixation de deux atomes d'hydrogène par catalyse à l'aide du nickel de Raney se faisait, partiellement en 1-4 sur les doubles liaisons conjuguées, partiellement en 1-2 sur la double liaison primaire-secondaire.

Il était intéressant de voir comment, vis-à-vis du même catalyseur, se comportent les diènes conjugués à carbones tertiaires les plus simples, l'isoprène et le méthylbutadiène.

La nature des produits d'hydrogénation peut être aisément déterminée par l'étude de leurs spectres Raman. Les fréquences correspondant aux doubles liaisons sont en effet

Isoprène	1640 (3)	Diméthylbutadiène	1625 (6)
Méthylbutène 1	1651 (4)	Diméthylbutène 1	(vers 1651)
Méthylbutène 2	1679 (4)	Diméthylbutène 2	1676 (4)
Méthylbutène 3	1641 (5)		

L'hydrogénation a été conduite dans les deux cas par agitation d'une

(1) *Chem. Centr.*, 2, 1912, p. 1874.

(2) G. Dupont et V. Desreux, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 733.

(3) Bourguel, *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 471.

(4) Piaux, *Thèse*, Paris, 1935.

(5) Mlle Gredy, *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1935, p. 1955.

(6) Dadieu et Kohlrausch, *Ber. deuts. chem. Ges.*, 63, 1930, p. 1664.

solution alcoolique du carbure, en présence de quelques centièmes de catalyseur, dans une atmosphère d'hydrogène vers 0°. Le produit d'hydrogénation était séparé ensuite de l'alcool par lavage puis séchage et rectification.

Avec l'*isoprène*, l'hydrogénation, arrêtée après fixation de deux atomes d'hydrogène donne, un produit dans le spectre duquel on ne relève que les raies 1651 et 1679 d'intensités sensiblement égales. L'isoprène a donc disparu pour donner un mélange de méthylbutènes 1 et 2 exempt de méthylbutène 3. La proportion des deux constituants est donnée par l'hydrogénation complète qui, avec le nickel de Raney, s'arrête après l'absorption de trois atomes d'hydrogène; le spectre du produit ainsi obtenu ne possédait plus que la raie 1679; le méthylbutène 1 a seul été hydrogéné à fond; sa proportion dans le mélange était donc voisine de 50 pour 100.

Avec le *diméthylbutadiène* la même méthode montre que la fixation de deux atomes d'hydrogène conduit à un mélange de 63 pour 100 de diméthylbutène 1 (raie de fréquence 1651) et de 37 pour 100 de diméthylbutène 2 (raie de fréquence 1676 cm^{-1}).

En résumé donc, ici comme dans le cas du myrcène, l'hydrogénation catalytique par le nickel de Raney se fait, sur les doubles liaisons conjuguées, partiellement en 1-4, partiellement en 1-2 (sur la double liaison primaire-secondaire dans le cas de l'isoprène).

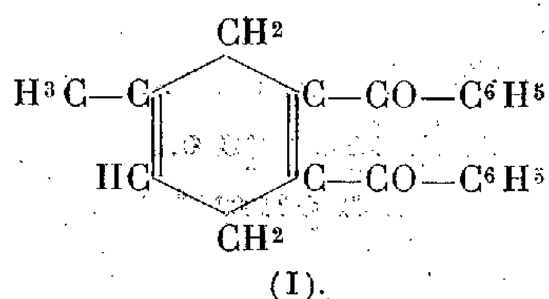
Condensation avec le dibenzoylacétylène. — Diels [7] a montré que les corps précédant une triple liaison activée étaient susceptibles de se condenser avec les corps à doubles liaisons conjuguées pour donner naissance à des dérivés du cyclohexadiène. Mais les réactifs à triple liaison activée utilisés jusqu'à ce jour sont encore en très petit nombre et leur obtention est assez délicate. L'emploi, à ce point de vue, du dibenzoylacétylène $C^6H^5—CO—C\equiv C—CO—C^6H^5$ nous a paru particulièrement intéressant à étudier en raison de la simplicité de préparation de ce corps [8] et des produits qu'il est susceptible de fournir.

Avec l'*isoprène* la condensation se produit par chauffage en tube scellé pendant 3 heures à 120-130°. On obtient, avec un rendement de 75 pour 100, un corps fondant à 58-59° qui, par son analyse, correspond parfaitement au dibenzoyl 1.2-méthyl, 4 cyclohexadiène 1.4 (I).

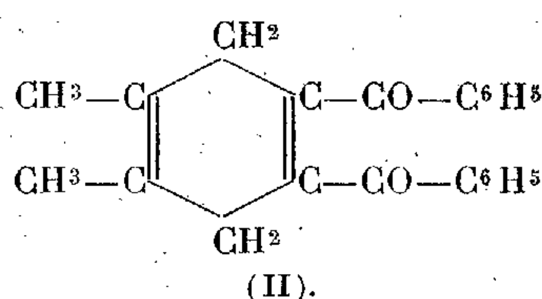
---

(7) *Lieb. Ann.*, 490, 1931, p. 236.
(8) G. Dupont, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1914, p. 605.

Avec le *diméthylbutadiène*, on obtient également, avec un rendement voisin de 75 pour 100, un corps fondant à 106-107° dont l'analyse correspond au dibenzoyl 1.2-diméthyl 4.5-cyclohexadiène 1.4 (II).



(I).



(II).

Le dibenzoylacétylène paraît donc être un réactif de valeur pour les corps à doubles liaisons conjuguées, et son emploi conduira, on peut l'espérer, à des synthèses intéressantes.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur la biréfringence par compression du quartz et sa dispersion dans l'ultraviolet.* Note de MM. **Georges Bruhat** et **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons mesuré la biréfringence par compression du quartz cristallisé pour différentes directions des rayons lumineux et de la compression. La compression était réalisée au moyen de la presse déjà employée par G. Bruhat et J. Thouvenin ([1]); l'analyse des vibrations elliptiques était faite par l'analyseur photoélectrique de Bruhat et Guinier, avec, pour le début de l'ultraviolet, un compensateur quart d'onde en mica nu et, pour les radiations de plus courte longueur d'onde, le quart d'onde en quartz composé de Bruhat et Weil. Les radiations employées ont été les radiations de l'arc au mercure, séparées par un monochromateur double de Jobin et Yvon, de 4358 à 2537 angströms. Les mesures ont été complétées par des mesures visuelles faites pour la raie $\lambda = 5461$ Å. Les erreurs les plus importantes sont celles qui peuvent provenir d'une inégale répartition des pressions dans le bloc de quartz étudié : nous pensons qu'aucun des nombres que nous donnons ne comporte d'erreur supérieure à 2 pour 100.

a. Propagation suivant l'axe optique, compression normale à l'axe optique. Nous avons d'abord fait une série de mesures suivant la méthode employée par Bruhat et Thouvenin, en comprimant un ensemble de deux lames de quartz, l'une droite et l'autre gauche. L'analyseur photo-

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 843.

électrique permettant le pointé de vibrations elliptiques assez renflées, nous avons fait une autre série de mesures en employant une seule lame : nous cherchons pour quelle position P_0 du polariseur la vibration transformée par l'action simultanée du pouvoir rotatoire et de la biréfringence est rectiligne, nous tournons le polariseur de 45° à partir de P_0, et nous déterminons l'ellipticité ψ_m de la vibration elliptique qu'on obtient alors. Un calcul identique à celui de Bruhat et Thouvenin permet d'en déduire la biréfringence φ.

Nous avons employé à ces mesures diverses lames orientées différemment par rapport aux axes électriques du quartz : nous avons ainsi vérifié que, conformément à la théorie de Pockels, la biréfringence est indépendante de la direction de la compression dans le plan normal à l'axe optique.

b. Propagation normale à l'axe optique et à l'axe électrique; compression suivant l'axe optique. — Les lames parallèles à l'axe, d'épaisseur environ 5^{mm}, employées dans ce cas ont une biréfringence naturelle considérable qui peut varier de plusieurs dizaines de degrés dans l'intervalle de longueurs d'onde sur lequel s'étendent en réalité certains des groupes de raies isolées par le monochromateur. Il est absolument nécessaire de la compenser par l'action d'une lame identique, non soumise à la compression, et orientée à 90° de la lame comprimée. La biréfringence de déformation s'obtient simplement en retranchant de la biréfringence observée avec compression de l'une des lames la faible biréfringence (de l'ordre du degré) de l'ensemble des deux lames non comprimées.

c. Propagation normale à l'axe optique et à l'axe électrique, compression suivant l'axe électrique. — Les mesures sont faites comme dans le cas précédent.

Résultats. — Le Tableau suivant donne, dans les trois cas *a*, *b*, *c*, les valeurs obtenues pour la biréfringence Φ en degrés que prendrait une lame de 1^{cm} d'épaisseur soumise à une pression de 1 kg/cm^2 :

	λ....	2540.	2805.	2969.	3131.	3344.	3656.	4055.	4358.	5461.
Φ	*a*..	4,04	3,40	3,05	2,85	2,66	2,41	2,18	2,00	1,57
	b..	5,74	–	–	4,07	–	3,46	–	–	2,14
	c...	5,52	–	–	4,08	–	3,45	–	–	2,09
k_a.....		0,985	0,965	0,95	0,935	0,95	0,97	0,99	0,99	1

La biréfringence est d'environ 30 pour 100 plus faible pour le cas *a* que pour les deux autres; elle paraît un peu plus forte dans le cas *b* que dans le

cas c, la différence, de l'ordre de 2 pour 100, étant à la limite des erreurs d'expérience.

Dans le cas a, nous avons comparé la dispersion obtenue à celle que donnerait, à partir de la dispersion de l'indice ordinaire n_0, la formule de Havelock, en calculant pour chaque longueur d'onde la constante de Havelock, $k_a = \lambda\Phi n_0/(n_0^2 - 1)^2$. Les nombres obtenus figurent à la dernière ligne du tableau précédent : la formule de Havelock ne représente la dispersion qu'en première approximation, l'écart minimum étant de l'ordre de 6 pour 100.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Coefficients d'absorption et température moyenne de l'ozone atmosphérique.* Note de MM. **Georges Déjardin**, **Albert Arnulf** et **Démètre Cavassilas**, présentée par M. Charles Fabry.

Au cours d'un séjour à Tête-Rousse (Massif du Mont-Blanc, altitude 3167^m), le 19 juillet 1936, nous avons photographié le spectre du Soleil à différentes heures de la journée, connues à quelques secondes près. Le spectrographe utilisé, installé sur un support réglable, était braqué directement sur le Soleil. Cet appareil, à optique de quartz, avait été construit spécialement en vue de l'élimination aussi complète que possible de la lumière diffuse, afin de pouvoir étudier dans de bonnes conditions l'extrémité ultraviolette du spectre solaire. Les spectres étaient enregistrés sur deux plaques convenablement choisies (*Anécra Guilleminot* pour l'ultraviolet et *Ilford Soft Gradation* pour le spectre visible), placées côte à côte dans le même châssis. Sur les spectrogrammes la dispersion varie de 7 Å par millimètre (3200 Å) à 45 Å par millimètre (6000 Å). Un dispositif approprié permettait de placer devant la fente (largeur : 5 microns) des écrans de quartz platiné dont la transmission spectrale a fait l'objet d'une étude ultérieure très complète [1]. Les spectres correspondant à la même durée de pose (20 secondes) et à différentes masses d'air traversées par les rayons solaires (calculées à partir des heures d'observation) ont été étudiés par les procédés classiques de la photométrie photographique, afin d'obtenir, pour chaque longueur d'onde, la densité optique de l'atmosphère. Par suite de circonstances défavorables (vent violent du Sud chassant des poussières et des cristaux de neige), les valeurs relatives aux

[1] G. Déjardin et D. Cavassilas, *Journal de Physique*, 7e série, **8**, 1937, p. 45-46 S.

diverses masses d'air (comprises entre 1,23 et 5,71, la masse d'air correspondant au zénith du lieu étant prise pour unité) ne sont pas directement comparables entre elles, à cause de l'absorption variable d'une heure à l'autre, mais non sélective, s'ajoutant à la diffusion moléculaire et à l'absorption de l'ozone. Toutefois, pour chaque masse d'air considérée séparément, nous avons pu construire la courbe représentant les variations de la densité optique de l'atmosphère avec la longueur d'onde. Lorsqu'on les rapporte à une masse d'air égale à l'unité, les courbes ainsi obtenues sont à peu près superposables par simple translation.

Les résultats exposés dans la présente Note concernent l'intervalle spectral 3326-3135 Å. Dans cette région nous avons admis, conformément aux observations de Vassy (2), que les maxima d'absorption de l'ozone ne sont pas influencés par la température. Nous avons donc considéré seulement les principaux maxima des courbes d'absorption atmosphérique pour déterminer, par une méthode graphique, l'épaisseur totale de l'ozone suivant la verticale, qui a été trouvée égale à $0,290^{cm}$ (réduite aux conditions normales de pression et de température), avec une approximation de l'ordre de 5 pour 100. Au cours de cette étude, nous avons adopté les valeurs du coefficient d'absorption de l'ozone trouvées par Ny Tsi-Ze et Choong Shin-Piaw (3), à l'aide d'un spectrographe à peu près aussi dispersif que le nôtre. D'autre part, pour calculer la fraction de l'absorption totale due à la diffusion moléculaire, nous avons utilisé la formule théorique établie par Cabannes et Dufay (4). Conformément à nos mesures portant sur les autres régions spectrales, qui seront publiées ultérieurement, nous avons admis pour *n* (nombre de molécules par centimètre cube, dans les conditions normales) la valeur $2,90.10^{19}$ (5).

Une fois connue l'épaisseur réduite, nous avons pu déduire de nos mesures les valeurs du coefficient d'absorption de l'ozone atmosphérique pour les principaux maxima et minima d'absorption, et les comparer aux

(2) E. Vassy, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1937, p. 19.

(3) Ny Tsi-Ze et Choong Shin-Piaw, *Chinese Journal of Physics*, 1, 1932-1933, p. 21-33.

(4) J. Cabannes et J. Dufay, *Journal de Physique*, 6e série, 7, 1926, p. 257-274.

(5) Les résultats définitifs seraient très peu modifiés si l'on calculait la part de la diffusion moléculaire à partir de la loi de variation trouvée expérimentalement par A. Arnulf, D. Barbier, D. Chalonge et R. Canavaggia (*Journal des Observateurs*, 19, 1936, p. 149), c'est-à-dire par la formule $0,0289\lambda^{-4}$ (λ exprimée en microns), en admettant $51^{cm},5$ de mercure pour la pression atmosphérique à Tête-Rousse.

valeurs obtenues à la température ordinaire, au laboratoire, par Ny Tsi-Ze et Choong Shin-Piaw. Quelques résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

λ.	Coeff. d'absorption. Labor.	Coeff. d'absorption. Atm.	λ.	Coeff. d'absorption. Labor.	Coeff. d'absorption. Atm.
3312	0,122	0,126	3200	0,420	0,441
3299	0,060	0,057	3190	0,356	0,312
3279	0,181	0,190	3176	0,595	0,566
3268	0,105	0,073	3167	0,535	0,492
3248	0,240	0,238	3154	0,75	0,75
3239	0,163	0,115	3151	0,71	0,60
3220,5	0,336	0,345	3135	0,98	0,98
3216	0,240	0,198			

Les minima d'absorption sont donc nettement plus accusés dans l'ozone atmosphérique, conformément aux mesures antérieures de Barbier, Chalonge et Vassy [6] sur les spectres stellaires, de Dufay [7] sur le spectre du ciel au zénith, et aux observations qualitatives de Lambert, Déjardin et Chalonge [8] sur le spectre du rayonnement direct du Soleil.

Pour calculer la température moyenne de l'ozone atmosphérique, nous avons retenu seulement les valeurs relatives aux principaux minima compris entre 3268 et 3167 Å. Nous avons admis qu'entre + 20° C. et — 80° C. les coefficients d'absorption de ces minima diminuent, en fonction de la température, suivant une loi linéaire [9]. Enfin, pour les rapports des coefficients d'absorption à — 80° et à + 20°, nous avons adopté les valeurs obtenues par Vassy avec son spectrographe le plus dispersif [9]. La température moyenne ainsi calculée est voisine de — 35° C.

Nous avons repris la même étude en utilisant les coefficients d'absorption de l'ozone mesurés au laboratoire par J. et M. Dutheil [10]. Les résultats obtenus sont tout à fait analogues aux précédents, mais conduisent à une température moyenne un peu plus basse, voisine de — 45°C.

---

(6) D. Barbier, D. Chalonge et E. Vassy, *Revue d'Optique*, 14, 1935, p. 425-435.
(7) J. Dufay, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 383-386.
(8) G. Déjardin, *Journal de Physique*, 7e série, 7, 1936, p. 159-160 S.
(9) E. Vassy, *op. cit.*, p. 24.
(10) J. et M. Dutheil, *Journal de Physique*, 6e série, 7, 1926, p. 314-316.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les décharges orageuses dans la haute atmosphère.* Note de M. **David Malan**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pendant les orages, trois genres d'éclairs sont aisément observables, soit dans le nuage même, soit entre le nuage et le sol, soit entre le nuage et des nuages environnants. Un quatrième genre de décharge a été observé par Boys (¹) en 1876 quand il a vu des éclairs de très faible intensité partir du sommet d'un nuage et avancer jusqu'à une distance considérable dans la haute atmosphère. Ces décharges avaient l'allure générale des éclairs ordinaires et avaient lieu simultanément avec des éclairs au sol. Boys fait remarquer que c'est la seule fois pendant ses nombreuses observations qu'il a vu un phénomène pareil.

Pendant l'été austral dernier j'ai vu à Johannesburg (Union Sud Africaine) un genre de décharge tout à fait différent. Le soir du 2 janvier 1937 il y avait un long banc de nuages à une distance de 100^{km} au Nord-Est. Ce banc était surmonté d'un cumulus énorme qui montrait une grande activité électrique. Les éclairs dans le nuage même étaient très fréquents et bien visibles tandis que les éclairs au sol étaient cachés par une colline. Pendant l'espace d'une heure et demie une longue et faible bande d'une lueur rougeâtre apparut une dizaine de fois en haut du nuage simultanément avec une faible illumination du nuage même. Je supposais que cette faible illumination était due à un éclair au sol derrière la colline.

Ces bandes fugaces s'étendaient jusqu'à une hauteur d'une cinquantaine de kilomètres mais ne semblaient pas arriver jusqu'au sommet du nuage. Leur largeur était de quelques centaines de mètres. Deux fois le phénomène se présenta comme un rideau auroral composé de cinq ou six de ces bandes.

Pour l'observation d'un tel phénomène les conditions de visibilité doivent être extrêmement favorables, conditions qui étaient remplies d'ailleurs. La nuit était sans lune, l'ouest du ciel était caché par des nuages pluvieux, la lumière éblouissante des éclairs au sol était coupée par la colline, et le ciel en haut du nuage était absolument clair.

Cette dernière condition est de la plus grande importance, autrement la lumière de l'éclair au sol, diffusée latéralement, serait trop intense : elle n'est d'ailleurs que rarement remplie.

(¹) Boys, *Nature*, **118**, 1926, p. 749.

En Afrique du Sud on a constaté (²) que les nuages orageux ont presque toujours une polarité négative en bas et positive en haut. Quand un éclair jaillit entre le bas du nuage et le sol, la charge négative disparaît. La charge positive laissée en haut du nuage peut disparaître de l'une des manières suivantes :

1° par une décharge disruptive entre elle et les charges négatives des nuages environnants.

2° par la dissipation lente vers les régions de plus grande conductibilité électrique de la haute atmosphère.

3° par une décharge disruptive quelconque entre elle et l'ionosphère.

Le phénomène décrit ici est du troisième genre. On peut l'expliquer de la manière suivante : lors de la disparition de la charge négative, le champ électrique entre le sommet du nuage et l'ionosphère se trouve suffisamment accru pour qu'une décharge luminescente jaillisse à travers l'air raréfié de la haute atmosphère.

Les bandes étaient légèrement courbées avec la convexité vers l'Est. C'est bien ce qu'on attendrait si une charge positive se déplaçait en haut, ou, ce qui est plus probable, si une charge négative se déplaçait de l'ionosphère vers le sommet du nuage.

Malheureusement la luminescence était tellement faible qu'il fut impossible d'obtenir un enregistrement photographique. Il faut ajouter que ce phénomène a été vu indépendamment par un autre observateur.

Il se pourrait bien que le genre de décharge observé par Boys fût dû à une polarité renversée du nuage, c'est-à-dire négative en haut et positive en bas.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Convolvulacées. Développement de l'embryon chez le* Convolvulus arvensis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Il n'est pas possible de déterminer exactement, chez le *Convolvulus arvensis*, les règles selon lesquelles s'édifie l'embryon. A partir du proembryon bicellulaire, comportant deux cellules superposées, les parois de segmentation se succèdent sans ordre défini et prennent les directions les plus variables.

(²) Schonland et Craib, *Proc. Roy. Soc.*, **114**, 1927, p. 229 et **118**, 1928, p. 233; Halliday, *ibid.*, **138**, 1932, p. 207.

La diversité des formes s'accuse dès la tétrade qui se montre composée de deux cellules supérieures, séparées par une paroi généralement oblique, et de deux cellules inférieures, séparées soit par une paroi encore inclinée (*fig.* 2) soit par une cloison à peu près horizontale (*fig.* 1). Le proembryon

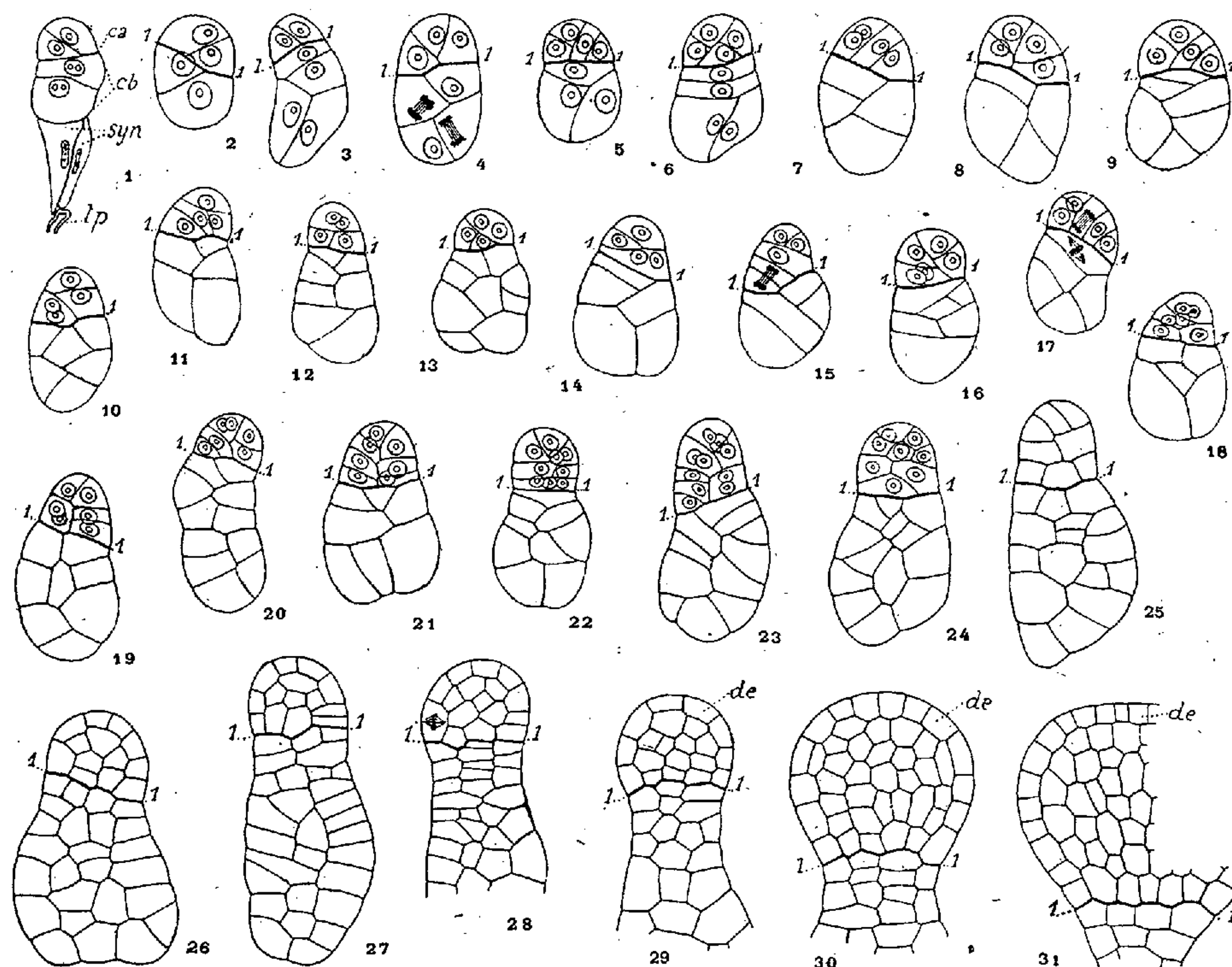


Fig. 1 à 31. — *Convolvulus arvensis* L. Quelques formes embryonnaires aux principales étapes du développement. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire ou cellules qui en dérivent; *syn*, synergides en voie de résorption; *tp*, tube pollinique; 1-1, la première paroi de segmentation séparant la cellule basale de la cellule apicale; *de*, dermatogène. G = 260.

octocellulaire, engendré par bipartitions des quatre éléments de la tétrade offre les dispositions les plus variables (*fig.* 6 à 8); les quatre blastomères de la partie supérieure, représentant quatre quadrants, ont tendance à se grouper en tétraèdre régulier. Au delà du stade octocellulaire, la complexité des formes va sans cesse croissant; c'est en vain que, dans leur développement, on rechercherait une règle fixe présidant à la filiation cellulaire. En 9, 10, 11, 12, 13, 14, on distingue encore les quadrants, mais les quatre cellules inférieures se multiplient en tous sens et se confondent. Plus nombreuses, plus volumineuses et moins plasmatiques, elles mani-

festent ainsi des caractères différentiels qui permettent de partager le corps embryonnaire en deux régions : une région supérieure occupée par les micromères et une région inférieure, renflée, occupée par les macromères. Ces deux régions sont séparées, par un trait renforcé, dans les figures qui ont été reproduites; ces figures, d'ailleurs, en trop petit nombre, ne donnent qu'une idée très imparfaite de la diversité des formes observées.

Aux derniers stades de la vie proembryonnaire, une nouvelle différenciation extérieure se produit. Un étranglement apparaît séparant la région supérieure, destinée à donner l'embryon proprement dit, de la région inférieure appelée à constituer le suspenseur. Il semble que la partie médiane, rétrécie, tire origine d'éléments engendrés par la cellule basale du proembryon bicellulaire; c'est aux dépens de ces éléments que s'organiserait un peu plus tard la portion médiane de la coiffe. Les initiales de l'écorce de la racine seraient fournies par l'hypocotyle, autrement dit par des éléments descendant de la cellule apicale du proembryon bicellulaire. A cet égard, toutefois, rien de précis ne peut être établi. Les histogènes ne se différencient que très tard : le dermatogène apparaît seulement au terme de la vie proembryonnaire (*fig.* 29), le périblème et le plérome quand les deux cotylédons ont nettement commencé leur croissance.

En somme, l'embryon du *Convolvulus arvensis* se rattache à un type tout à fait irrégulier du développement. Il est comparable à ce point de vue à l'embryon de certaines espèces déjà examinées et appartenant aux genres *Datura*, *Lotus*, *Pimpinella* (1). Chez le *Convolvulus* toutefois, contrairement à ce qui se produit dans ces derniers exemples, aucune forme vraiment régulière n'apparaît permettant de se faire une idée de la marche de la segmentation et d'émettre des hypothèses quelque peu fondées sur les destinées des blastomères. J'ai déjà émis, quant à l'origine de ces types irréguliers, l'opinion qu'ils n'étaient sûrement pas déterminés par des causes accidentelles, mais, étant donné le caractère spécifique qu'ils revêtent, dus plutôt à des hybridations antérieures entre espèces élémentaires assez éloignées les unes des autres.

---

(1) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 352; 76, 1929, p. 527; 77, 1930, p. 494.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la consommation d'oxygène de quelques animaux aquatiques littoraux.* Note de M. **Marcel Gompel**, présentée par M. Portier.

Au cours d'un séjour au Laboratoire de la Faculté des Sciences à Roscoff, j'ai entrepris une étude sur la consommation d'oxygène de quelques animaux aquatiques littoraux, étude dont je donne ici les premiers résultats.

De nombreux auteurs ont déjà abordé ce problème, mais ils ont en général fait respirer un ou plusieurs animaux pendant une ou le plus souvent plusieurs heures, et dosé l'oxygène contenu dans l'eau au début et à la fin de l'expérience. Ils ont ainsi obtenu des valeurs moyennes de la consommation d'oxygène. Ces valeurs ont été le plus souvent ramenées à la consommation de 1^{kg} d'animal en une heure. Les résultats obtenus sont très disparates.

Ce mode opératoire généralement adopté semble masquer un phénomène qui me paraît important.

Si, comme je l'ai fait, on met l'animal à respirer pendant une heure dans un récipient contenant de l'eau de mer séparée de l'air extérieur par une couche d'huile de vaseline, et si l'on dose l'oxygène au début et à la fin de l'heure (par la méthode de M. Nicloux), et si alors remplaçant l'eau utilisée par de l'eau de mer fraîche, on fait à nouveau respirer l'animal pendant une heure et ainsi pendant la journée entière en dosant l'oxygène et en changeant l'eau chaque heure, on voit que la consommation d'oxygène par l'animal présente au cours de la journée de grandes variations, les valeurs trouvées pouvant varier du simple au double ou au triple, et même davantage.

D'autre part les valeurs obtenues semblent s'ordonner d'une façon tout à fait régulière. Elles passent par des maxima et des minima successifs. Le rythme des variations paraît être sensiblement parallèle au rythme des marées, les maxima correspondant à peu près aux heures des hautes mers, les minima à peu près aux heures des basses mers.

Ce rythme semble être très général, car je l'ai retrouvé chez des animaux appartenant aux groupes les plus divers : Cœlentérés (*Actina equina*); Echinodermes (*Paracentrotus lividus*); Vers (*Arenicola marina*); Mollusques (*Patella vulgata*, *Mytilus edulis*, *Haliotis tuberculata*); Crustacés (*Xantho floridus*); Poissons (*Rhombus maximus*, *Pleuronectus platessa*).

Voici d'ailleurs, à titre d'exemple, quelques-unes des valeurs de la consommation d'oxygène mesurées.

Oxygène consommé en milligrammes par heure.

Actina equina (9g,5).

Heures...	10-11.	11-12.	12-13.	13-14.	14-15.	15-16.	16-17.	17-18.	18-19.	19-20.	20-21.	21-22.	22-23.
Mg....	0,35	0,35	0,30	0,27	0,23	0,35	0,23	0,23	0,23	0,21	0,28	0,28	0,32

Pleine mer $14^{h}52^{m}$. Basse mer $21^{h}17^{m}$.

Paracentrotus lividus.

Heures...	7-8.	8-9.	9-10.	10-11.	11-12.	12-13.	13-14.	14-15.	15-16.	16-17.	17-18.	18-19.	19-20.
Mg....	2,32	1,81	1,65	1,43	1,43	1,81	2,01	2,01	2,16	2,30	2,50	1,94	1,91

Pleine mer $7^{h}10^{m}$ et $19^{h}27^{m}$. Basse mer $13^{h}12^{m}$.

Arenicola marina (18g).

Heures...	10-11.	11-12.	12-13.	13-14.	14-15.	15-16.	16-17.	17-18.	18-19.	19-20.	20-21.	21-22.
Mg....	0,63	0,69	0,77	0,83	0,75	0,74	0,68	–	0,61	0,53	0,70	0,87

Pleine mer $13^{h}27^{m}$. Basse mer $20^{h}4^{m}$.

Patella vulgata (0g,26).

Heures...	9-10.	10-11.	11-12.	12-13.	13-14.	14-15.	15-16.	16-17.	17-18.	18-19.	19-20.
Mg....	0,26	0,14	0,13	0,09	0,09	0,11	0,22	–	0,27	0,27	0,22

Pleine mer $7^{h}12^{m}$ et $19^{h}30^{m}$. Basse mer $13^{h}14^{m}$.

Xantho floridus (26g,5).

Heures...	7-8.	8-9.	9-10.	10-11.	11-12.	12-13.	13-14.	14-15.	15-16.	16-17.	17-18.	18-19.	19-20.	20-21.
Mg....	2,17	1,65	1,65	1,75	1,68	1,39	1,58	1,62	1,62	1,62	1,43	1,72	2,11	1,91

Pleine mer $8^{h}14^{m}$ et $20^{h}29^{m}$. Basse mer $14^{h}17^{m}$.

Pleuronectes platessa (11g).

Heures..	9-10.	10-11.	11-12.	12-13.	13-14.	14-15.	15-16.	16-17.	17-18.	18-19.	19-20.	20-21.	21-22.	22-23.	23-24.	24-1.
Mg....	0,81	1,42	1,41	1,47	1,29	1,03	1,03	1,09	1,11	0,95	0,93	1,15	1,89	1,89	1,89	1,10

Pleine mer $13^{h}43^{m}$. Basse mer $8^{h}48^{m}$ et $21^{h}17^{m}$.

La plupart des animaux mis en expérience avaient été maintenus en aquarium pendant un certain temps, quelques-uns même fort longtemps (*Actina equina*, par exemple, trois semaines; *Arenicola marina*, quinze jours; *Pleuronectes* et *Rhombus*, une dizaine de jours, et même *Haliotis tuberculata*, plus de deux mois).

On voit donc que les animaux du littoral ont une consommation d'oxygène très variable suivant les heures de la journée; que ces variations suivent un rythme sensiblement parallèle à celui des marées, avec maxima aux environs de la haute mer et minima aux environs de la basse mer, rythme qui se conserve d'ailleurs fort longtemps en aquarium.

Faute d'avoir connu ce phénomène, les auteurs qui ont essayé de comparer l'intensité du métabolisme des animaux littoraux et d'étudier l'influence des divers facteurs sur ce métabolisme ont pu s'exposer à des erreurs considérables.

EMBRYOGÉNIE. — *Morphogénèse et induction épigénétique.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Charles Pérez.

J'ai montré (1) que l'ontogénèse des Amphibiens présente quatre grandes périodes : 1° celle des *courants plasmiques*, contemporaine des deux stades spermastérien et dicentrique de la première mitose de segmentation; les courants mettent en place les matériaux ovulaires et localisent les centres initiateurs somatique et germinal dont l'activité assure l'unité et l'harmonie du développement; 2° celle de l'*induction mitogénétique*, née dans le centre initiateur somatique sus-équatorial dorsal, propagée vers le bas et les côtés dans les macromères vitellins; elle y détermine une accélération et une orientation des divisions cellulaires dont le champ pigmenté s'enroule autour des lèvres du blastopore et envahit plus loin la face ventrale; elle provoque ainsi la succession des mouvements morphogénétiques qui groupent, en temps et lieux déterminés, les éléments édificateurs de l'embryon; 3° celle de l'*induction organisatrice*, née dans le premier segment du champ mitogénétique enroulé autour de la lèvre dorsale du blastopore, et propagée de manière rayonnante et centrifuge à partir de la plaque préchordale, centre d'organisation; elle détermine progressivement tous les organes en se transformant à chaque palier de la détermination; 4° celle de l'*organisation du germen* faite d'inductions propres, tardive et comme surajoutée à la construction somatique.

Les préformistes ignorent les deux premières périodes. Ils nient l'épigénèse physiologique; mais ils en font sans le savoir et leurs dénégations manquent de fondement. Pasteels (2) connaît les rotations de fécondation et de blastulation (Vogt, Wintrebert); pourtant il n'en tient aucun compte pour l'appréciation des plans d'ébauches [(2), p. 636]. Il conteste l'existence d'une aire excentrique dorsale de divisions accélérées, mais il la figure [(2), p. 664, *fig.* 18]. Il admet qu'une marque équatoriale reste au-dessus de la lèvre

(1) Wintrebert, *Titres et travaux*, 2, 1935, p. 1, Paris.
(2) J. Pasteels, *Arch. de Biologie*, 57, 1936, p. 631-678.

dorsale [([2]), p. 670]; mais il refuse de voir la marche descendante des divisions cellulaires, propagée sous elle par induction et lui préfère une *segmentation déterminée* par on ne sait quelle force mystérieuse et phylétique. Il n'accepte pas le champ d'induction mitogénétique blastuléen; mais il prouve son existence en obtenant sous un extraovat, qui barre le passage de l'induction, une bande blanche de cellules non induites ([3]). Dalcq ne l'accepte pas non plus et cependant, dans ses expériences de translocation ([4]), quand, après avoir tourné de 180° sur la face ventrale la partie haute colorée du centre initiateur, il obtient avec celle-ci la plaque médullaire de l'embryon secondaire, ce sont bien les macromères ventraux, incolores, induits en champ mitogénétique, qui s'invaginent et forment l'organisateur. Il conteste aussi que celui-ci soit la plaque préchordale, mais obtient ([5]) une larve sans chorde qui possède un cerveau.

L'erreur fondamentale des préformistes est d'anticiper sur les événements au lieu de se laisser guider par eux. Ils appellent *présomptifs* les territoires dorsaux de la blastula; mais, quand ils opèrent, ils les jugent à l'avance déterminés; ils parlent du territoire mésodermique organisateur comme d'une réalité et lui assignent une position de commande alors que sa place varie suivant le lieu de la lèvre dorsale et qu'on peut en particulier ([6]) chez le discoglosse remonter le blastopore de 80° sans cesser d'avoir un embryon.

Les préformistes vont encore plus loin; ils en viennent à renoncer à la notion d'organisateur et font de celui-ci un simple évocateur de capacités régionales prédestinées. Ils oublient l'expérience cruciale de Spemann et H. Mangold (1924) et l'ensemble imposant des résultats obtenus par greffe ventrale de la lèvre dorsale, où l'embryon s'organise avec des tissus de l'hôte nullement prédestinés à former des organes axiaux. Bien plus, ils confondent l'induction morte avec l'induction vivante, la forme banale de résistance obtenue en traitant chimiquement ou par la chaleur n'importe quel tissu animal avec l'induction élaborée sur place et transformée par son passage dans chaque organe déterminé. Ils savent pourtant que les somites n'induisent que la partie latérale du tube nerveux et non sa partie

---

([3]) J. Pasteels, *Arch. de Biologie*, **43**, 1932, p. 536, fig. VIII, *1a*, *1b*; p. 155, fig. XXIII.

([4]) A. Dalcq, *C. R. Soc. Biol.*, **123**, 1936, p. 316.

([5]) A. Dalcq, *C. R. Soc. Biol.*, **114**, 1933, p. 162.

([6]) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1833.

médiane, induite uniquement par la chorde [Holtfreter, ([7])]. Spemann lui-même accorde au *système de réaction* cellulaire une part si grande ([8]) que la notion d'organisateur devient pour lui problématique. L'épigénèse physiologique garde intacte cette notion; mais, à côté de la propagation et de la transformation de l'induction organisatrice, elle admet qu'il existe dans l'espace et le temps une série parallèle d'étapes de réceptivité et de réactivité des tissus induits, devenant à leur tour inducteurs (Spemann, 1912-1921; O. Mangold, 1928-1933; Holfreter, 1934); ces changements soulignent encore le caractère successif et transitoire des fonctions de l'ontogénèse.

La plus grande confusion règne donc aujourd'hui parmi les partisans de la préformation et l'analyse attentive de leurs travaux mène droit à l'épigénèse, seul mode réel du développement.

PARASITOLOGIE. — *L'infection des cultures en mycothèque par le* Rhizoglyphus echinopus *Fum. et Rob.*, *parasite de la pomme de terre.* Note ([1]) de MM. **Auguste et René Sartory** et **Jacques Meyer**.

Depuis quelques années, nous observons, à des intervalles plus ou moins réguliers, des infections de nos cultures sur milieu de pomme de terre ([2]). On a tout d'abord pensé à une défectuosité de notre technique de stérilisation des milieux vierges : nous avons alors augmenté la durée du séjour à l'autoclave, remplacé le coton cardé par du coton hydrophile; aucune amélioration n'a pu être constatée. Des milieux vierges disposés à l'étuve à des températures variant entre + 22° et + 27° ont montré, aux périodes d'infection des milieux ensemencés, la poussée luxuriante de l'*Acrostalagmus cinnabarinus* Corda.

Des recherches plus minutieuses ont décelé sur les pommes de terre infectées un petit Acarien : deux séries d'expériences rigoureuses nous permettent de l'incriminer au sujet des infections constatées.

([7]) *Arch. Entwmech.*, 127, 1933, p. 619.

([8]) *Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der Entwicklung*, Berlin, 1936, p. 276.

([1]) Séance du 26 juillet 1937.

([2]) M. Lutz nous avait signalé, il y a quelques années, un cas semblable qu'il avait observé dans la mycothèque de la Faculté de Pharmacie de Paris.

Tout d'abord dans des tubes de Roux nous avons disposé de l'eau (dans le réservoir inférieur), puis des pommes de terre; ces tubes ont été étranglés au tiers supérieur; la partie la plus étroite a été bouchée fortement au coton; au-dessus de cette région le verre a la forme d'une sorte d'entonnoir. Les tubes ainsi modifiés ont été soumis à la stérilisation à l'autoclave; après refroidissement nous avons introduit dans la partie libre de l'entonnoir quelques Acariens; l'extrémité du tube est ensuite bouchée au coton, puis le tout est abandonné à l'étuve (+22°). Quatre jours après, les pommes de terre se recouvrent d'une végétation due à l'*Acrostalagmus cinnabarinus*. Il n'est donc pas douteux que les Acariens porteurs de germes ont traversé le coton et ont ensemencé les pommes de terre vierges.

D'autre part nous avons porté des Acariens sur des pommes de terre entières, lavées préalablement et séchées au buvard. Ces tubercules ont été abandonnés à l'abri de la lumière; au bout de 8 jours on peut observer le début de la croissance de l'*Acrostalagmus*; nous avons donc affaire à un Acarien susceptible de parasiter la pomme de terre. Nous donnons ci-dessous sa description :

Il s'agit d'un petit Acarien mesurant de $0^{mm},2$ à $0^{mm},8$, incolore, muni de 4 paires de pattes : celles-ci ont 5 articles; elles sont armées de griffes terminales et d'un assez long poil. Les pattes mâchoires ont 3 articles et les chélicères ont la forme de pinces et sont munis de crochets en scie. Nous n'avons constaté ni yeux, ni trachée, ni stigmates, ni ventouses terminales. Le corps est caractérisé par un sillon très net entre le céphalo-thorax et l'abdomen; entre les deuxième et troisième paires de pattes, présence d'un sillon moins marqué. Le corps entier est muni de poils simples assez abondants. L'abdomen est largement arrondi en arrière et l'animal est environ deux fois plus long que large. A l'extrémité de l'abdomen on constate deux paires de soies sensiblement de même longueur que les pattes postérieures. Chez le mâle, les pattes antérieures sont normales, non hypertrophiées et démunies d'éperon. Ces caractères nous permettent d'identifier cet Acarien à *Rhizoglyphus echinopus* Fum. et Rob. Il a déjà été observé sur des racines et surtout sur des bulbes et tubercules (Jacinthe, Tulipe, Pomme de terre).

Cet Acarien est lui-même parasité par l'*Acrostàlagmus* et nos constatations microscopiques nous ont prouvé qu'il ne peut pas digérer les spores qu'il ingère; celles-ci se fixent à la partie postérieure du tube digestif et y forment des boules sporifères englobées de matière mucilagineuse. Ces amas sont en partie évacués avec les excréments, mais certaines spores commencent à germer à travers la couche mucilagineuse et les filaments

envahissent plus tard tout l'intérieur de l'Acarien. Toutefois celui-ci peut vivre très longtemps : nous avons observé des Acariens vivants chez lesquels l'abdomen et la partie postérieure du céphalothorax étaient complètement farcis de têtes sporifères; chez certains les filaments mycéliens avaient même envahi les téguments externes.

L'*Acrostalagmus cinnabarinus* semble donc être un Endoparasite du *Rhizoglyphus echinopus;* l'acarien, capable de traverser les bouchons de coton, constitue un véritable porteur de germes et il infecte les milieux de pomme de terre au moyen des spores du champignon. C'est un véritable danger pour les mycothèques; d'autre part il cause certainement, par son action propre et comme agent d'infection, des dégâts appréciables dans les réserves de pomme de terre.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Carence alimentaire chronique (avitaminose C partielle). Processus réversibles et processus irréversibles.* Note (¹) de MM. **Georges Mouriquand** et **Henry Tête**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avons montré qu'au cours du scorbut expérimental aigu (avitaminose C totale) on pouvait distinguer deux phases essentielles en ce qui concerne l'action de l'acide ascorbique : une phase réversible et une phase irréversible. La première est caractérisée par des lésions typiques de scorbut (entre le 12ᵉ et 25ᵉ jour environ) qui cèdent rapidement à l'emploi des jus frais et mieux encore à l'emploi de l'acide ascorbique à doses convenables (25^{mg}). A partir du 25ᵉ jour environ s'installe le plus souvent une diarrhée avec amaigrissement rapide; l'introduction d'acide ascorbique dans la ration arrête la diarrhée, fait régresser les lésions hémorragiques, mais empêche rarement la cachexie progressive et la mort (athrepsie) : c'est la *phase irréversible* (²).

D'autre part, nous avons établi dès 1921 (avec Paul Michel) et récemment encore (³) qu'il était possible d'obtenir, grâce à un régime d'avitaminose C partielle ($0^{mg},5$ ou 1^{mg} d'acide ascorbique ou 3^{cm^3} de jus de citron fraîchement préparé ou fraîchement stérilisé ou conservé sous azote), un

(¹) Séance du 26 octobre 1937.

(²) G. Mouriquand, *Presse médicale*, **44**, nº 80, 3 octobre 1936, p. 489.

(³) *Bulletin de l'Académie de Médecine*, **117**, nº **20**, avril 1937, p. 447.

syndrome de *carence eutrophique*. Les animaux soumis à ce régime conservent pendant 100 jours et plus une nutrition apparemment normale et une croissance physiologique, mais leur examen attentif montre vers le 40e jour environ l'apparition fréquente de grosses tuméfactions fémorales dues aux hémorragies musculaires (souvent avec œdème) relevant de la carence partielle. Ces tuméfactions sont en général d'autant plus importantes que l'eutrophie générale est plus marquée. Si l'on suit à partir de ce moment les cobayes tant au point de vue clinique que radiographique, on s'aperçoit que les lésions hémorragiques (qu'on augmente ou non la dose d'acide ascorbique) ont une tendance naturelle à la régression qui se fait dans la plupart des cas en l'espace de 20 ou 30 jours. Au bout de ce temps le sacrifice de l'animal montre la disparition des grosses hémorragies et de l'œdème des régions fémorales; il s'agit donc là d'un processus de carence qui est non seulement réversible par les fortes doses d'acide ascorbique, mais également réversible sans l'adjonction de ces doses.

Pendant cette période d'autoguérison des lésions hémorragiques du scorbut, la radiographie révèle généralement à partir du 60e jour (parfois plus tôt, parfois plus tard), l'apparition de lésions osseuses que nous avons ailleurs décrites ([4]). Ces lésions se caractérisent soit par des altérations ostéo-musculaires pouvant entraîner un véritable *syndrome de rhumatisme chronique* ([5]), soit sous forme d'épaississements périostiques ou sous-périostiques, soit enfin d'ostéophytes et de périostéoses. Ces lésions osseuses ou périosseuses n'ont montré dans nos cas aucune tendance à la régression spontanée; de plus, l'adjonction de fortes doses d'acide ascorbique à la ration (carencée) pendant plusieurs mois ne provoque pas la régression de ces lésions osseuses ou périosseuses. Celles-ci s'opposent donc aux lésions hémorragiques ou œdémateuses primitives spontanément réversibles et doivent être considérées comme irréversibles ou tout au moins faiblement réversibles.

Ces faits méritent d'être retenus non seulement par la biologie, mais par la clinique elle-même. Ils indiquent qu'une carence partielle en vitamine C est capable de provoquer deux types de processus, l'un, subaigu réversible grâce à l'action de l'acide ascorbique et même en absence de cette action (autoguérison), l'autre, irréversible ne cédant pas aux doses fortes et prolongées d'acide ascorbique. Le rôle de l'avitaminose C partielle dans l'ins-

---

([4]) *Presse médicale*, 45, n° 81, 9 octobre 1937, p. 1419.
([5]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 921.

tallation du processus réversible peut être facilement précisé en raison de l'action curative rapide de la vitamine C. Mais l'origine des processus osseux ou périosseux irréversibles peut être impossible à démontrer (après disparition des processus réversibles) en raison de leur résistance complète à l'action de la vitamine C.

Passé un certain *cap* dystrophique, les lésions semblent avoir perdu toute *spécificité*, et dans l'avitaminose C chronique, comme dans l'avitaminose C aiguë, échapper à toute médication spécifique.

La séance est levée à 15^h45^m.

E. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 NOVEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En offrant à l'Académie un volume intitulé *Bibliographie géologique et minière de la France d'Outre-mer*, dont il a écrit la *Préface*, M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Ce volume, dû à M. F. Blondel, a été publié par le *Bureau d'études géologiques et minières coloniales*, à l'occasion du récent Congrès de la Recherche scientifique dans la France d'Outre-mer. Il a pour objet de montrer l'importance des travaux consacrés, jusqu'à ce jour, à un vaste sujet. Plus de 9000 notes, mémoires et volumes ont été inventoriés, qui traitent de l'étude du sol et du sous-sol de notre domaine colonial.

C'est là une édition provisoire qui sera suivie prochainement par l'édition définitive, comprenant en outre un deuxième volume où ces documents seront classés par ordre de matières.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la meilleure approximation des fonctions non régulières*. Note (1) de M. **Serge Bernstein**.

Ayant généralisé et perfectionné mon ancienne méthode de détermination de la valeur asymptotique de la meilleure approximation $E_n|x|$ de $|x|$ sur le segment $(-1, +1)$ par des polynomes de degré n, j'ai obtenu quelques résultats nouveaux qui me paraissent dignes d'attention.

---

(1) Séance du 26 octobre 1937.

Théorème I. — *Quel que soit le mode de croissance de n, on a pour toute valeur positive p > o donnée*

(1) $$\lim_{n=\infty} n^p \mathrm{E}_n |x|^p = \mu(p) = \frac{1}{\pi}\left|\sin\frac{\pi}{2}p\right| \mathrm{L}(p),$$

où L(p) *désigne la meilleure approximation sur tout l'axe réel de*

(2) $$\mathrm{F}_p(t) = \int_0^\infty e^{-u} u^{p-1}\left[\frac{(t^2-u^2)\cos t + 2ut\sin t}{t^2+u^2}\right] du,$$

par des fonctions entières de genre un et de type ([2]) *un.*

On en déduit, en particulier, en remarquant que (pour $p > 3$)

(3) $$\frac{p-3}{p-1}\Gamma(p) < \mathrm{L}(p) < \Gamma(p),$$

que

(4) $$\mu(p) \sim \frac{1}{\pi}\left|\sin\frac{\pi}{2}p\right| \Gamma(p) \qquad (p \to \infty).$$

Théorème II. — *Quel que soit* $c(-1 < c < 1)$, *on a*

(5) $$\lim_{n=\infty} n^p \mathrm{E}_n |x-c|^p = \mu(p)(1-c^2)^{\frac{p}{2}}.$$

Théorème III. — *Soit*

(6) $$f(x) = \sum_1^h \mathrm{A}_i |x-c_i|^p + \varphi(x),$$

où $-1 < c_i < 1$ *et* $\varphi(x)$ *admet une dérivée bornée d'ordre* $[p+1]$ *sur le segment* $(-1, +1)$; *si* $\left|\mathrm{A}_1(1-c_1^2)^{\frac{p}{2}}\right| \geq \left|\mathrm{A}_i(1-c_i^2)^{\frac{p}{2}}\right|$, *on a*

(7) $$\lim_{n=\infty} n^p \mathrm{E}_n f(x) = \mu(p)\left|\mathrm{A}_1(1-c_1^2)^{\frac{2}{p}}\right|.$$

La démonstration de ces théorèmes repose, d'une part, sur une méthode générale de réduction du problème de la meilleure approximation par des polynomes sur un segment fini, à celui de la meilleure approximation sur

---

([2]) On dit que la fonction $f(t) = \sum_0^\infty \frac{c_n t^n}{n!}$ est de type *un*, si $\overline{\lim} \sqrt[n]{|c_n|} = 1$.

tout l'axe réel par des fonctions entières de genre *un* de type correspondant, et, d'autre part, sur les deux propositions suivantes :

LEMME I. — *Quelque petits que soient les nombres* $\alpha > 0$, $\beta > 0$, *il est possible de fixer un nombre entier* n_0, *tel que pour toute valeur de* $n \geqq n_0$, *il existe un polynome* $P_n(x)$ *de degré n satisfaisant à l'inégalité*

$$(8) \qquad |P_n(x) - |x - c|^p| < (1 + \beta) E_n |x - c|^p$$

sur tout le segment $(-1, 1)$, *et à l'inégalité plus forte*

$$(9) \qquad |P_n(x) - |x - c|^p| < \beta E_n |x - c|^p$$

dans les intervalles $(-1, c - \alpha)$ *et* $(c + \alpha, 1)$.

LEMME II. — *Soit* $E_{n,L}[|x - c|^p; \pm\alpha]$ *la meilleure approximation de* $|x - c|^p$ *sur le segment* $(c - \alpha, c + \alpha)$ *par des polynomes* $P_n^*(x)$ *de degré n assujettis à satisfaire sur tout le reste du segment* $(-1, +1)$ *à la condition* $|P_n^*(x)| \leqq L$. *Quelque petits que soient les nombres positifs* $\alpha > 0$, $\beta > 0$ *et quelque grand que soit* L, *il est possible de fixer un nombre* n_0 *tel que l'on ait*

$$(10) \qquad E_{n,L}[|x - c|^p; \pm\alpha] > (1 - \beta) E_n |x - c|^p$$

pour toute valeur de $n \geqq n_0$.

J'indiquerai en terminant une application élémentaire du théorème III, qui résulte immédiatement de la formule (7) : si $f(x)$ représente une ligne brisée quelconque passant par les deux points donnés $(-1, A)$ et $(+1, B)$ et ayant au moins un point arbitraire $(\xi, 0)$ sur l'axe réel $(A > 0, B > 0, -1 < \xi < 1)$, la valeur de $E_n f(x)$ sera minima (pour n très grand), lorsque $f(x)$ se réduit à un angle ayant son sommet sur l'axe réel dont les deux côtés sont également inclinés vers l'axe réel, et on a alors

$$E_n f(x) \sim \frac{\mu(1)\sqrt{AB}}{n} \neq \frac{0,282\sqrt{AB}}{n}.$$

M. G. URBAIN fait hommage à l'Académie du *Précis de Chimie organique* de VICTOR GRIGNARD, publié par ROGER GRIGNARD et JEAN COLONGE et pour lequel il a écrit une *Préface*.

En déposant sur le bureau la deuxième Partie de son Ouvrage sur *Le Jura*, qui vient de paraître ([1]), M. **Emmanuel de Margerie** s'exprime en ces termes :

La première Partie de ce Mémoire, publiée par le Service de la Carte géologique de la France en 1922, était consacrée à une *Bibliographie du Jura Franco-Suisse* (*Orographie*, *Tectonique et Morphologie*). La seconde, dont l'objet est précisé par son sous-titre, *Description tectonique du Jura Français*, fournit un ample Commentaire des douze feuilles jurassiennes de la Carte au 80 000e, représentant la région qui s'étend de Belfort à Chambéry, sur tout ou partie de onze de nos Départements. Après un rappel des travaux antérieurs (Cartes géologiques, Cartes tectoniques, Études locales, Coupes figurées), le territoire de chacune de ces feuilles est décrit, et sa structure analysée, avec autant de détail que l'état de nos connaissances le permet.

C'est le fruit de plus de quarante années d'études, comportant environ six cents journées de courses sur le terrain, et s'appuyant sur le dépouillement méthodique de près de trois mille documents imprimés.

Huit *croquis tectoniques* en couleurs, établis sur le fond de la Carte au 200 000e du *Service Géographique* de l'Armée servent de justification au texte, qu'accompagnent en outre une série de reproductions des minutes originales de la Carte de l'État-Major.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'une collection de tirés à part des travaux qu'il a publiés en diverses revues de 1916 à 1937.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter des listes de candidats au poste de Directeur de l'*Observatoire de Bordeaux* et à deux postes d'Astronome titulaire à l'*Observatoire de Paris*.

(Renvoi à la Division des Sciences Mathématiques.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La végétation lichénique du Massif armoricain, étude chorologique et*

([1]) Paris, Imprimerie Nationale. In-4°, 920 pages, avec 261 figures dans le texte et 19 planches.

écologique, par H. des Abbayes, et divers travaux lichénologiques du même auteur (1923-1936).

2° Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indië. *Geologische Kaart van Java, Schaal:* 1:100000e. Blad 66 (*Karangkobar*), par R. W. van Bemmelen; *Geologische Kaart van Sumatra, Schaal:* 1:200000e. Blad 7 (*Bintoehan*), par C. H. van Raalten. Blad 9 (*Gedongratoe*), par J. F. van Tuyn † et Blad 16 (*Lahat*), par K. A. F. R. Musper, avec les *Notices*.

3° Jean Thibaud. *Vie et transmutations des atomes* (présenté par M. G. Urbain).

M. **Georges Bourguignon** prie l'Académie de bien vouloir l'inscrire sur la liste des candidats qu'elle présentera pour la *Chaire de Médecine* déclarée vacante au Collège de France.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les équations des géodésiques dans une variété à connexion projective.* Note de M. **Kentaro Yano**, présentée par M. Élie Cartan.

M. L. Berwald [1] a défini, sur chaque géodésique déterminée par

$$\frac{d^2u^i}{ds^2}+\Gamma^i_{jk}\frac{du^j}{ds}\frac{du^k}{ds}=0 \qquad (i, j, k, \ldots=1, 2, \ldots, n), \tag{1}$$

un paramètre projectif normal t par l'équation différentielle

$$\{t\}_s=-2\Gamma^0_{jk}\frac{du^j}{ds}\frac{du^k}{ds}, \tag{2}$$

où $\{t\}_s$ est la dérivée schwarzienne de la fonction $t(s)$

$$\{t\}_s=\frac{\dfrac{d^3t}{ds^3}}{\dfrac{dt}{ds}}-\frac{3}{2}\left(\frac{\dfrac{d^2t}{ds^2}}{\dfrac{dt}{ds}}\right)^2, \tag{3}$$

et les Γ^0_{jk} sont des composantes d'un tenseur affine.

Nous allons donner une autre interprétation du paramètre t.

Considérons une variété à connexion projective à n dimensions et attachons à chaque point A_0 le repère semi-naturel $[A_0, A_1, \ldots, A_n]$, alors

(1) *Annals of Math.*, **37**, 1936, p. 879-898.

la connexion projective est définie au moyen des formules

$$(4) \qquad \begin{cases} dA_0 = \omega_0^0 A_0 + du^i A_i, \\ dA_j = \omega_j^0 A_0 + \omega_j^i A_i. \end{cases}$$

Dans cette variété, une courbe passant par A_0 est appelée géodésique, si son développement sur l'espace projectif tangent en A_0 est une droite. Pour obtenir les équations différentielles des géodésiques, on n'a qu'à exprimer que $d^2 A_0$ est une combinaison linéaire de dA_0 et de A_0 dans l'espace développé ([2]).

Le long de cette géodésique, on a, d'après (4),

$$(5) \qquad \frac{dA_0}{dr} = \frac{du^0}{dr} A_0 + \frac{du^i}{dr} A_i,$$

$$(6) \qquad \frac{dA_j}{dr} = \omega_{jk}^0 \frac{du^k}{dr} A_0 + \omega_{jk}^i \frac{du^k}{dr} A_i,$$

où r est un paramètre arbitraire sur la géodésique et

$$(7) \qquad du^0 = \omega_0^0 = \theta_k du^k, \qquad \omega_j^0 = \omega_{jk}^0 du^k, \qquad \omega_j^i = \omega_{jk}^i du^k.$$

Des équations (5) et (6) on tire

$$(8) \qquad \frac{d^2 A_0}{dr^2} = \left[\frac{d^2 u^0}{dr^2} + \left(\frac{du^0}{dr}\right)^2 + \Gamma_{jk}^0 \frac{du^j}{dr}\frac{du^k}{dr}\right] A_0 + \left[\frac{d^2 u^i}{dr^2} + \Gamma_{jk}^i \frac{du^j}{dr}\frac{du^k}{dr} + 2\frac{du^0}{dr}\frac{du^i}{dr}\right] A_i,$$

où

$$\Gamma_{jk}^0 = \omega_{jk}^0, \qquad \Gamma_{jk}^i = \omega_{jk}^i - \delta_j^i \theta_k.$$

Pour que cette courbe soit géodésique, il faut et il suffit que

$$(9) \qquad \frac{d^2 u^i}{dr^2} + \Gamma_{jk}^i \frac{du^j}{dr}\frac{du^k}{dr} + 2\frac{du^0}{dr}\frac{du^i}{dr} = \lambda \frac{du^i}{dr},$$

λ étant une fonction de r.

Alors l'équation (8) prend la forme suivante en vertu de (5)

$$(10) \qquad \frac{d^2 A_0}{dr^2} = \lambda \frac{dA_0}{dr} + \mu A_0,$$

$$(11) \qquad \mu = \frac{d^2 u^0}{dr^2} + \left(\frac{du^0}{dr}\right)^2 + \Gamma_{jk}^0 \frac{du^j}{dr}\frac{du^k}{dr} - \lambda \frac{du^0}{dr}.$$

([2]) E. Cartan, *Leçons sur la théorie des espaces à connexion projective*, Paris, 1937.

Cela posé, nous allons choisir un paramètre t et une fonction ρ tels que

$$\frac{d^2(\rho A_0)}{dt^2} = 0. \tag{12}$$

En substituant (10) dans (12), on a

$$2\frac{\rho'}{\rho} - \frac{t''}{t'} + \lambda = 0, \qquad \frac{\rho''}{\rho} - \frac{t''}{t'}\frac{\rho'}{\rho} + \mu = 0, \tag{13}$$

où une lettre primée représente la dérivée de cette variable par rapport à r.

En éliminant la fonction ρ des équations (13), on obtient

$$\{t\}_r = \lambda' - \frac{1}{2}\lambda^2 - 2\mu. \tag{14}$$

Effectuons une transformation de paramètre $r \to s$ définie par

$$\lambda = \frac{s''}{s'} + 2\frac{du^0}{dr}; \tag{15}$$

alors les équations (9) prennent la forme

$$\frac{d^2u^i}{ds^2} + \Gamma^i_{jk}\frac{du^j}{ds}\frac{du^k}{ds} = 0, \tag{16}$$

et l'équation (14) nous donne

$$\{t\}_s = -2\Gamma^0_{jk}\frac{du^j}{ds}\frac{du^k}{ds}, \tag{17}$$

donc on voit que notre paramètre t coïncide avec le paramètre projectif normal de M. L. Berwald. Il est facile de vérifier que le paramètre t est invariant par rapport aux transformations des fonctions Γ^0_{jk} et Γ^i_{jk} que nous avons considérées dans une Note précédente [3]. Dans le cas de la connexion projective normale de M. É. Cartan, l'équation (17) prend la forme

$$\{t\}_s = \frac{2}{n-1}R_{jk}\frac{du^j}{ds}\frac{du^k}{ds} \quad [4].$$

Si la fonction ρ peut être une constante, on tire des équations (13) et (15)

$$u^0 = -\frac{1}{2}\log\frac{ds}{dt},$$

donc notre définition de u^0 coïncide avec celle de M. L. Berwald (p. 883).

---

(3) K. YANO, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 637-639.

(4) J. HAANTJES, *Proc. Edinburgh Math. Soc.*, 5, 1937, p. 103-115.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Approximations diophantiennes et séries trigonométriques.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans la série trigonométrique

$$(1) \qquad \sum_{0}^{\infty} r_n e^{2\pi i(nx - s_n)} \qquad (r_n \geqq 0;\ 0 \leqq x < 1),$$

les r_n sont supposés donnés. Sous la seule condition que la divergence de la série Σr_n ne soit pas trop lente, nous déterminerons les s_n de façon que la série (1) diverge pour un ensemble de points x ayant la puissance du continu.

Nous désignerons par $u_0, u_1, \ldots, u_n, \ldots$ la suite de toutes les fractions p/q du segment $(0, 1)$, rangées dans l'ordre des q croissants, chaque fraction de dénominateur q étant répétée successivement $\varphi(q)$ fois, $\varphi(q)$ croissant infiniment avec q, et nous prendrons

$$s_n = u_0 + u_1 + \ldots + u_n.$$

Soit x tel que, pour une infinité de fractions p/q, on ait

$$(2) \qquad \left| x - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{4\varphi(q)};$$

soit p/q une telle fraction et soit $n+1$ le rang auquel elle apparaît pour la première fois dans la suite des u. On a

$$\sum_{n+1}^{n+\varphi(q)} r_m e^{2\pi i(mx - s_m)} = e^{2\pi i(nx - s_n)} \sum_{k=1}^{k=\varphi(q)} r_{n+k} e^{2\pi i\left(kx - k\frac{p}{q}\right)}.$$

Le module de cette somme partielle est, d'après (2), supérieur à

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(r_{n+1} + r_{n+2} + \ldots + r_{n+\varphi(q)}).$$

Nous choisirons $\varphi(q)$ de façon que la somme entre parenthèses soit supérieure à l'unité. La série Σr_n étant supposée divergente, il existe une fonction $\psi(n)$ croissant indéfiniment, telle que pour tout n on ait

$$r_{n+1} + r_{n+2} + \ldots + r_{n+\psi(n)} > 1.$$

Notre seule hypothèse consistera à admettre que

$$(3) \qquad \psi(n) = o(n), \qquad \text{soit} \qquad \psi(n) = \frac{n}{f(n)},$$

f étant à croissance aussi lente qu'on voudra. Un calcul simple montre que si F est la fonction inverse de f, il suffit de prendre $\varphi(q)$ égal à la partie entière de $F(q^2)/q^2$, c'est-à-dire que la série (1) divergera pour tout nombre x admettant l'approximation

$$\left| x - \frac{p}{q} \right| < \frac{q^2}{4F(q^2)}.$$

L'ensemble E des x ainsi définis est partout dense; il a la puissance du continu, il est d'ailleurs complémentaire d'un ensemble de première catégorie.

Mesure de E. — Si l'intégrale

$$I = \int^{\infty} \frac{q^3\, dq}{F(q^2)}$$

converge, l'ensemble E est de mesure nulle; si elle diverge, la mesure de E est égale à l'unité (¹). On voit facilement que si Σr_n^2 converge, $\psi(n)$ est forcément telle que I converge. Si l'on a

$$\frac{q^2}{4F(q^2)} \geq \frac{1}{2q^2},$$

on sait que l'ensemble E comprend tous les points de $(0, 1)$. Pour qu'il en soit ainsi, il suffit que $\psi(n)$ ne dépasse pas $[\sqrt{n/2}]$.

Remarque. — La restriction (3) n'est nécessaire que pour déterminer les s_n, les r_n étant *donnés*. Mais il existe des séries (1) avec une divergence arbitrairement lente de Σr_n et divergeant sur un ensemble ayant la puissance du continu. Il suffit, les u étant déterminés comme précédemment, de prendre r_n égal à $1/\varphi(q)$ pour tous les n tels que

$$2\varphi(1) + \ldots + q\,\varphi(q-1) < n \leq 2\varphi(1) + \ldots + (q+1)\,\varphi(q)$$

et de considérer les x admettant l'approximation (2).

(¹) KHINTCHINE, *Math. Annalen*, 92, 1924, p. 115-125.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation d'un théorème de Privaloff.* Note de M. **Alfred Liénard**, présentée par M. Henri Villat.

Au cours de recherches concernant le problème plan des dérivées obliques dans la théorie en potentiel, j'ai été amené à établir deux théorèmes dont l'un constitue une extension du théorème de Privaloff sur les fonctions conjuguées [1].

Soit $F(z) = V(x, y) + iW(x, y)$ une fonction holomorphe déterminée dans un domaine par la connaissance des valeurs $V(s)$ prises par V sur la frontière. Soit N un point frontière ($s = s_0$, $z = z_0$) qui soit un point *ordinaire* [c'est-à-dire tel que dans la représentation conforme du domaine sur un cercle, dZ/dz ne soit ni nul ni infini en ce point], et soit $\rho = |z - z_0|$ la distance à N d'un point du domaine ou de la frontière. Je pose $s = s_0 + \delta s$.

Si la fonction $V(s)$ donnée est telle que

$$\frac{V(s) - V(s_0)}{|\delta s|^h} \qquad (0 < h < 1),$$

ou, ce qui revient au même, que le rapport

$$M(s) = \frac{V(s) - V(s_0)}{\rho^h}$$

soit limité en valeur absolue et satisfasse à une inégalité de la forme

$$(1) \qquad |M(s) - M(s')| \leq K \left| \frac{s - s'}{\delta s + \delta s'} \right|^{\varepsilon} \qquad (0 < \varepsilon < 1) \quad (\delta s \times \delta s' \geq 0),$$

sur deux arcs d'amplitude non nulle de part et d'autre du point s_0, on peut, quelque petit que soit ε, affirmer que les quotients

$$\frac{W(s) - W(s_0)}{\rho^h}, \qquad \frac{F(z) - F(z_0)}{(z - z_0)^h},$$

dont le premier se rapporte à un point frontière et le second à un point z quelconque, sont limités en valeur absolue ou module, quelque voisins que les points s ou z soient du point $N(s_0, z_0)$.

---

[1] Privaloff, *Bull. Soc. math. de France*, 44, 1916, p. 100-103.

La condition (1) n'entraîne pas la continuité de $M(s)$ à la traversée du point s_0.

La condition (1) est en particulier satisfaite :

1° Si $M(s)$ satisfait à une condition de Hölder d'exposant quelconque;

2° Si $V(s)$ satisfait à une condition de Hölder d'exposant h. Cela montre que le théorème énoncé comprend comme cas particulier celui de Privaloff.

La démonstration, établie d'abord pour un domaine circulaire par une analyse analogue à celle de Privaloff, s'étend sans difficulté à d'autres domaines.

Si le point-frontière n'est pas un point ordinaire, mais est tel qu'en ses environs la direction de la tangente varie d'une façon continue, on peut seulement affirmer la limitation de $(F - F_0)/(z - z_0)^{h-\eta}$ avec η positif aussi petit que l'on veut. Il en est de même pour $h = 1$. Enfin les règles s'appliquent à un point anguleux d'ouverture $A = m\pi (m \gtrless 1)$, sauf que h peut varier de 0 à $1/m$ au lieu de 0 à 1.

Voici maintenant un théorème déduit du premier et qui lui est analogue, mais qui concerne des fonctions devenant infinies en un point de la frontière.

Si la fonction $V(s)$ devient infinie en un point ordinaire s_0, de telle sorte que le produit

$$|s - s_0|^t V(s) \qquad (0 < t),$$

ou, ce qui revient au même, que le produit

$$M(s) = \rho^t V(s)$$

reste limité supérieurement en valeur absolue, et que $M(s)$ satisfasse à la même condition (1) que précédemment, on peut affirmer que :

1° il existe au moins une fonction harmonique $V(x, y)$ prenant sur la frontière les valeurs $V(s)$;

2° la solution n'est unique que pour $t < 1$;

3° les produits

$$\rho^t W(s) \quad \text{et} \quad (z - z_0)^t F(z)$$

sont limités en valeur absolue ou module. Toutefois, si t est entier, il faut remplacer dans les résultats l'exposant t par $t + \eta (\eta > 0)$.

Rappelons à ce propos ce résultat déjà obtenu par d'autres auteurs pour $t = 1$: on pourra ne pas introduire le terme η à condition que la fonction $M(s)$ [définie cette fois comme égale à $(V - V_0)/\delta s$ pour le premier problème et à $\delta s V$ pour le second] reste continue à la traversée du

point s_0. Et s'il en est ainsi, non seulement $(F - F_0)/(z - z_0)$ ou $(z - z_0)F$ seront limitées en module, mais elles tendront vers une valeur parfaitement déterminée de quelque manière que z tende vers z_0.

MÉCANIQUE. — *Sur l'équilibre des surfaces convexes.*
Note de M. **Fernand Aimond**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous nous proposons d'étudier les équilibres des surfaces convexes flexibles et inextensibles limitées à un seul contour au plus.

1° L'équilibre de l'élément de surface simplement convexe $\mathcal{E}_p$ antérieurement considéré ([1]) tel que, $\vec{U}$ et $\vec{F}_p$ étant donnés, $\Sigma \delta_{ij} n_1^{ij} + N = 0$, où δ_{ij} est un tenseur donné à déterminant positif et N un invariant connu, se ramène, si $u = u^1$, $v = u^2$ sont des variables telles que $\delta_{11} = \delta_{22}$, $\delta_{12} = 0$, $\rho_p > 0$ et φ_p deux fonctions uniformes sur $\mathcal{E}_p$, aux équations

$$2\Sigma_p^j = \rho_p \sqrt{g_1}\,(n_1^{11} - n_1^{22}) \sin\left(\varphi_p + \frac{j\pi}{2}\right) - 2\rho_p n_1^{12} \sqrt{g_1} \cos\left(\varphi_p + \frac{J\pi}{2}\right),$$

$$(1) \qquad \frac{\partial \Sigma_p^j}{\partial u} + (-1)^{j+1} \frac{\partial \Sigma_p^{j+(-1)^{j+1}}}{\partial v} + a_j^1 \Sigma_p^1 + a_j^2 \Sigma_p^2 + A_j = 0,$$

a_j^i dépendant des g_{ij}^1, A_j des U_1^i, de N et de ses dérivées par rapport à u, v. Soient, dans le plan complexe $u + iv$, α_p et β_p les angles avec l'axe des u de la tangente à $\mathcal{A}_p$, homologue de $\mathcal{C}_p$ et du vecteur V, dont les coordonnées sont les composantes contrevariantes de $\vec{R}_p^1$, df_p la composante normale à V du vecteur ayant pour coordonnées les composantes contrevariantes de la force $\vec{F}_p$ agissant sur l'élément de $\mathcal{C}_p$ homologue de l'élément d'arc ds_p de $\mathcal{A}_p$, on a sur $\mathcal{A}_p$

$$(2) \quad 2\delta_{11}\Sigma_p^1 \cos(\alpha_p + \beta_p + \varphi_p)\, ds_p + 2\delta_{11}\Sigma_p^2 \sin(\alpha_p + \beta_p - \varphi_p)\, ds_p$$
$$= -N\rho_p \cos(\alpha_p - \beta_p)\, ds_p - 2\delta_{11}\rho_p\, df_p = 2\delta_{11}\Omega_p\, ds_p.$$

2° Soient $n_p\pi$ la variation de ω_p^1 sur $\mathcal{C}_p$, n_1^p et n_2^p les directions obtenues en faisant tourner la tangente à $\mathcal{A}_p$ de $-(\alpha_p + \beta_p - \varphi_p)$ et $\pi/2 - (\alpha_p + \beta_p - \varphi_p)$, M et M′ deux points d'affixes $u + iv$ et $u' + iv'$ du domaine $\mathcal{D}_p$ limité par $\mathcal{A}_p$, $\mathcal{G}_i^p$(M, M′) une fonction du type de Green dont la dérivée suivant n_i'', quand M vient sur $\mathcal{A}_p$, est nulle si $n \geq -3$, de la forme $\sum_{j=1}^{j=-(n+3)} \Omega_j^i H_j^i$, où

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 711, dont nous conservons les notations.

les H_j sont des fonctions données de M et les Ω_j^i des fonctions de M′, si $n_p < -3$,

$$\Theta^i(M') = \Gamma^i - \frac{(-1)^i}{2\pi}\left[\int_{\alpha_p} \Omega_p \frac{d\mathcal{G}_i^p}{dn_{i+(-1)^{i+1}}} ds_p + \iint_{\varpi_p}\left(A_2 \frac{\partial \mathcal{G}_i^p}{\partial v} + (-1)^i A_1 \frac{\partial \mathcal{G}_i^p}{\partial v}\right) du\, dv\right],$$

où $\Gamma^i = 0$, si $n_p \geqq -3$ et $\Gamma^i = \sum_{j=1}^{j=-(n_p+3)} C_j \Omega_j^i$ (où les C_j sont des constantes) si $n_p < -3$, ϖ_1'' et ϖ_2'' les faces supérieure et inférieure de ϖ_p, D_p le domaine $\varpi_1'' + \varpi_2''$, dV_p l'élément de surface de D_p au point M, $\tau_p(M)$ une fonction égale à Σ_p^1 si M est sur ϖ_p^1 et à Σ_p^2 si M est sur ϖ_p^2, $T_p(M)$ et $K_p(M, M')$ deux fonctions telles que

$$T_p(M_i) = \Theta^i, \qquad K_p(M_i, M'_j) = a_i^j \frac{\partial \mathcal{G}_i^p}{\partial u} + (-1)^i a_{i+(-1)^{i+1}}^j \frac{\partial \mathcal{G}_i^p}{\partial v},$$

M_k et M'_k étant deux points de ϖ_p^k, les solutions de (1) satisfaisant à (2) sont les solutions de l'équation de Fredholm

$$(3) \qquad \tau_p(M') + \frac{1}{2\pi}\iint_{D_p} K_p(M, M')\,\tau_p(M)\, dV_p = T_p(M').$$

3° Si $n_p \leqq -3$, il y a un équilibre dépendant de $-(n_p+3)$ constantes, quels que soient N, $\vec{U}$, $\vec{F}_p$. Si $n_p > -3$, il y a équilibre unique si N, $\vec{U}$, $\vec{F}_p$ vérifient $n_p + 3$ équations de la forme

$$(4) \quad \iint_{\varpi_p} (A_1 W_{1p}^j + A_2 W_{2p}^j)\, du\, dv + \int_{\alpha_p} \Omega_p W_{3p}^j ds_p = 0 \quad [j = 1, 2, \ldots, -(n_p+3)],$$

où les W_{ip}^j sont des fonctions connues de u, v.

4° Les équilibres de $\mathcal{E}_p$ convexe quand on se donne $\vec{U}$, $\vec{F}_p$, N_1 correspondent à $\delta_{ij} = d_{ij}$ et $N = N_1$. Si $\mathcal{E}_p$ est une quadrique, on peut choisir ρ_p et φ_p pour que $a_i^j = 0$, et que (3) se réduise à $\Sigma_p^1 = \Theta^1$, $\Sigma_p^2 = \Theta^2$.

5° Les charges sur $\mathcal{E}_p$ convexe étant données, si $\mathcal{C}_p$ est la courbe de contact d'un cône de sommet O circonscrit à $\mathcal{E}_p$, $\vec{R}_p^1$ passant par O, les conditions (4) expriment que le moment de toutes les charges appliquées par rapport à O est nul.

6° Les charges sur $\mathcal{E}_p$ convexe étant données, si $\mathcal{C}_p$ est une courbe d'un plan P et $\vec{R}_p^1$ tangent à $\mathcal{C}_p$, les conditions (4) expriment que la résultante des charges appliquées est parallèle à P et que leur moment sur P est normal à P.

7° Un élément de surface convexe avec bord libre $\mathcal{C}_p^0$ ne peut être en équilibre stable sous des forces données, car les Ω_p se déterminent sur les arcs de $\mathcal{C}_p$ autres que $\mathcal{C}_n^0$ par une équation intégrale de première espèce, qui n'admet pas de solution continue des charges appliquées.

8° Soit S une surface fermée convexe divisée par une courbe C en deux éléments $\mathcal{S}_1$, $\mathcal{S}_2$. Le tenseur des contraintes est nul si S n'est pas chargé ou si, les charges tangentielles étant nulles sur S, il existe un tenseur à déterminant positif dont le produit par le tenseur des contraintes est nul; sinon la variation sur C de l'angle avec C de la réaction sur C serait supérieure à 3π et inférieure à -3π, car $n_p \leqq -3$ sur $\mathcal{S}_p$ si $\vec{U} = 0$.

9° Si les charges sont données sur S, et satisfont aux six conditions universelles de l'équilibre, le tenseur des contraintes est unique. Prenons $\beta_1 = \alpha_1 + \pi/2$, $\beta_2 = \alpha_2 + \pi/2$, l'équilibre sur les $\mathcal{S}_p$ est déterminé par la résolvante de (3) en fonction des Ω_p, si les six équations (4), où $n_p = 0$, sont vérifiées; l'équilibre sur C exige que les Ω_p vérifient deux conditions, d'où, par élimination de Ω_1, on tire une équation de Fredholm en Ω_2 déterminant Ω_2, puis Ω_1, donc le tenseur des contraintes; la substitution de ces valeurs de Ω_1, Ω_2 dans (4) donne six conditions nécessaires et suffisantes d'équilibre équivalant aux six équations universelles de l'équilibre des charges appliquées données.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le glissement d'une transmission à poulies inégales.* Note [1] de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Albert Caquot.

D'après la loi de Kretz, universellement admise jusqu'ici, le glissement Γ d'une transmission est égal au glissement G des brins, Γ et G étant définis par les rapports

$$\Gamma = \frac{V' - V''}{V} \qquad \text{et} \qquad G = \frac{U' - U''}{U},$$

V′ étant la vitesse linéaire périphérique de la poulie menante, V″ celle de la poulie menée, V leur moyenne. U′ étant la vitesse du brin menant, U″ celle du brin mené, U leur moyenne.

J'ai démontré [2] que, dans le rampage, pour des poulies égales,

$$\Gamma = (1 + k)G, \tag{1}$$

---

[1] Séance du 6 septembre 1937.

[2] *Bull. Société des Ingénieurs Civils de France*, 2, mars-avril 1930, p. 372.

k étant positif et compris entre o et 1. Le but de cette Note est de généraliser cette formule au cas de transmissions à poulies de rayon inégal.

Γ peut s'écrire en effet

$$\Gamma = \frac{V' - V''}{V} = \frac{V' - U'}{V} + \frac{U - U'}{V} + \frac{U'' - V''}{V}.$$

Comme U et V diffèrent peu, on a pratiquement $U - U'/V = G$.

$U' - V'/V$ et $U'' - V''/V$ sont respectivement les diminutions relatives de vitesse de la face interne de la courroie quand celle-ci aborde la poulie menante ou la poulie menée. Cette diminution de vitesse de la face interne peut être considérée comme résultant

1° de l'augmentation de tension totale que subit l'élément de courroie par son glissement sur la poulie jusqu'à l'azimut critique.

2° de la diminution de la vitesse de la face interne par suite de l'enroulement de la courroie sur la poulie.

Supposons que ces deux causes agissent séparément pour aboutir au même état final. Si avant l'abordage le brin menant passait de la tension T à la tension T_c qu'il a réellement sur l'azimut critique, son augmentation relative de vitesse, égale à son augmentation relative de longueur, serait

$$\frac{T_c - T}{Es} = \frac{T'_c - T'}{Es},$$

T'_c et T' étant données par $T'_c = T_c - mV^2$ et $T' = T - mV^2$, E étant le module d'élasticité, s la section de la courroie, m la masse de l'unité de longueur de la courroie, V sa vitesse linéaire.

Si l'enroulement de l'élément de courroie se faisait ensuite *sans changement de tension totale*, la diminution relative de vitesse de l'enroulement serait δ'/R', e étant son épaisseur, δ' la distance de la lamelle qui ne subit aucune variation de longueur dans ce mouvement d'enroulement sur la poulie de rayon R'. En désignant par T''_c, T'' et R'', δ'' les données correspondant à la poulie menée, on peut donc écrire

$$\frac{U' - V'}{V} = \frac{\delta'}{R'} = \left(\frac{T'_c - T'}{Es}\right), \qquad \frac{U'' - V''}{V} = \frac{\delta''}{R''} - \left(\frac{T''_c - T''}{Es}\right).$$

Or, $T'_c - T'$ et $T''_c - T''$ étant les augmentations de tension créées par le glissement dans la zone critique, on a

$$T'_c - T' = (\varepsilon^{f'\alpha'} - 1)T' \qquad \text{et} \qquad T''_c - T'' = (\varepsilon^{f''\alpha''} - 1)T'',$$

ε étant la base des logarithmes népériens, f' le coefficient moyen de frottement dans l'angle critique a' sur la poulie menante, f'' le coefficient moyen de frottement dans l'angle critique a'' sur la poulie menée.

$k' = \varepsilon^{f'a'} - 1$ et $k'' = \varepsilon^{f''a''} - 1$ sont ce que j'ai appelé les coefficients de renforcement ([3]) sur la poulie menante et sur la poulie menée.

Moyennant ces définitions et remplaçant δ' et δ'' par leur valeur moyenne, on peut écrire, en négligeant les termes en $\delta - \delta'$ et $\delta - \delta''$,

$$\Gamma = G + \delta\left(\frac{1}{R''} - \frac{1}{R'}\right) + \left(\frac{k'T' - k''T''}{Es}\right),$$

qu'on peut écrire

$$(3) \qquad \Gamma = G + \delta\left(\frac{R' - R''}{R'R''}\right) + \left(\frac{k' + k''}{2}\right)\left(\frac{T' - T''}{Es}\right) + \left(\frac{k' - k''}{2}\right)\left(\frac{T' + T''}{Es}\right).$$

Or ([4]) j'ai démontré que

$$\frac{k'}{k''} = \frac{R''}{R'}, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \frac{k' - k''}{k' + k''} = \frac{R'' - R'}{R'' + R'}.$$

D'autre part on peut écrire

$$\frac{T'' + T'}{Es} = \frac{S'}{Q}\left(\frac{Q}{Es}\right),$$

où $Q = T' - T''$ est l'effort transmis, $S' = T' + T''$ est la traction exercée par la courroie sur les axes.

Transportons cette valeur dans l'équation (3), on obtient finalement

$$(4) \qquad \Gamma = \left[1 + \left(\frac{k' + k''}{2}\right)\left(1 + \frac{R'' - R'}{R'' + R'}\,\frac{S}{Q}\right)\right]G + \frac{\delta}{R}\left(\frac{R' - R''}{R'}\right),$$

formule qui met en évidence notamment le caractère spécial, partiellement connu des praticiens que

Pour un même effort transmis avec la même vitesse linéaire et la même traction de courroie sur les axes, le glissement est plus grand quand la petite poulie est menante que quand elle est menée et d'autant plus que les coefficients de renforcement sont plus grands.

Remarquons en outre que pour des courroies d'épaisseur finie dont le coefficient de renforcement est nul ou négligeable, le glissement Γ de la transmission dans le rampage est supérieur ou inférieur à G suivant que la petite poulie est menée ou menante.

Si la loi de Kretz était exacte, l'inversion du rôle des poulies ne changerait pas le glissement. Remarquons en outre que :

1° si l'on fait $R' = R''$, (4) se réduit à (1), et si l'on fait tendre e vers zéro, δ, k' et k'' tendent aussi vers zéro; et il vient : $\Gamma = G$.

([3]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1316 et *Bull. Soc. des Ing. civ. de France*, *loc. cit.*

([4]) *Mécanique* (*Bull. Société française des Mécaniciens*, **2**, mai-juin 1937, p. 131).

On retrouve la loi de Kretz pour des courroies infiniment minces qu'on peut appliquer pratiquement aux courroies d'épaisseur négligeable devant le rayon des poulies.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le jeu des sources de l'énergie stellaire.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Il est admis qu'il existe des sources particulières d'énergie à l'intérieur des étoiles, le processus qui intervient pouvant par exemple correspondre à l'anéantissement de la matière; c'est l'énergie ainsi libérée qui donne naissance au rayonnement qui se propage dans le corps des étoiles et qui finalement s'en échappe lorsqu'il atteint leur surface. Par ailleurs il convient de considérer un phénomène qui présente un double aspect : la matière stellaire absorbe le rayonnement, puis elle le reconstitue en émettant l'énergie qu'elle lui a empruntée; or, si ces deux opérations ont pour effet de modifier notablement la composition du rayonnement, il est important de remarquer qu'elles sont sans influence sur son intensité. Considérons en effet un élément de volume découpé dans une étoile; dès lors qu'un régime permanent est établi, les opérations en cause laissent la matière qu'il contient dans un état statistiquement inchangé, l'énergie totale de cette matière ne varie pas de façon progressive, et cela implique que l'absorption et l'émission se compensent exactement. Il faut en conclure que le coefficient k d'absorption et d'émission de la matière n'intervient en aucune façon dans la détermination de l'intensité du rayonnement, et que celle-ci résulte uniquement de la loi de la libération de l'énergie par les sources particulières, loi qui nous est inconnue *a priori*.

Soient p la pression de la matière, q la pression de radiation et P la pression totale. Développons l'hypothèse suivant laquelle, en chaque point d'une étoile, la libération de l'énergie est proportionnelle, d'une part, au rapport quadratique $q^2/p\mathrm{P}$ et, d'autre part, à la racine carrée de la température T; en désignant par ϖ la puissance libérée par une masse m et par A une constante universelle, on est ainsi conduit à poser :

$$\frac{\varpi}{m} = \mathrm{A}\,\frac{q^2}{p\mathrm{P}}\,\mathrm{T}^{\frac{1}{2}} = \mathrm{A}\,\frac{(1-\beta)^2}{\beta}\,\mathrm{T}^{\frac{1}{2}}. \qquad (1)$$

Dans ces conditions, en conservant les notations de M. Bialobrzeski

auxquelles nous avons déjà recouru [1], il vient :

$$dL_r = A\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T^{\frac{1}{2}}4\pi r^2\rho\,dr = A\frac{(1-\beta)^2}{\beta}\,u_0^{\frac{1}{2}}T_1^{\frac{1}{2}}\frac{4\pi}{\omega^3}\xi^2\psi^{\frac{7}{2}}\,d\xi$$
$$= A\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T_0^{\frac{1}{2}}\frac{M}{M_1}\xi^2\psi^{\frac{7}{2}}\,d\xi,$$

d'où, en intégrant,

$$L_r = A\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T_0^{\frac{1}{2}}\frac{M}{M_1}\int_0^{\xi}\xi^2\psi^{\frac{7}{2}}\,d\xi.$$

Cette expression croît bien en même temps que r, et l'on obtient pour le rayonnement total :

$$(2)\qquad L = A\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T_0^{\frac{1}{2}}\frac{M}{M_1}\int_0^{(\xi)_{\psi=0}}\xi^2\psi^{\frac{7}{2}}\,d\xi = A\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T_0^{\frac{1}{2}}\frac{M}{2,015}\times 1,519.$$

On en déduit facilement la relation masse-luminosité :

$$L \sim M^{\frac{7}{5}}(1-\beta)^{\frac{3}{2}}\mu^{\frac{4}{5}}T_e^{\frac{4}{5}}.$$

En vue de calculer numériquement la constante universelle A, transformons comme suit la formule (1) :

$$\frac{\varpi}{m} = A\frac{(1-\beta)^2}{\beta}T^{\frac{1}{2}} = \frac{1\,\text{erg}}{1\,\text{sec}\times 1\,\text{gr}}\,\frac{(1-\beta)^2}{\beta}\,xT^{\frac{1}{2}} = \frac{(1\,\text{cm})^2}{(1\,\text{sec})^3}\,\frac{(1-\beta)^2}{\beta}\,xT^{\frac{1}{2}}.$$

Il en résulte que $xT^{\frac{1}{2}}$ est un nombre sans dimensions, qui, pour tout état thermique déterminé, a une valeur également déterminée indépendante de l'échelle des températures.

Recherchons maintenant un état thermique particulier, nettement quantifié, pour lequel $xT^{\frac{1}{2}}$ doit être un nombre quantique connu. A cet effet, rappelons une propriété essentielle du rapport de la masse m'_0 du proton à la masse m_0 de l'électron; ce rapport est tel que la neuvième partie du moment cinétique $m'_0c\rho$, où ρ est le rayon de l'électron, vaut exactement une unité quantique $h/2\pi$:

$$\frac{m'_0}{m_0} = \frac{27}{2}137 = 1849,5, \qquad \frac{1}{9}m'_0c\rho = \frac{h}{2\pi}.$$

Puis considérons la masse M_0 définie par la formule

$$\frac{1}{M_0} = \frac{1}{m_0} + \frac{1}{m'_0},$$

[1] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 723.

désignons par T_p la température qui correspond à la neuvième partie de l'énergie M_0c^2 et écrivons que le nombre qui est alors à considérer vaut justement une unité quantique, soit 1849,5 :

$$xT_p^{\frac{1}{2}} = 1849,5.$$

Mais, dans le cas où l'on utilise l'échelle centigrade, la température T_p est mesurée par $1,32 \times 10^8$ degrés absolus, et il s'ensuit que, dans ce cas,

$$x = \frac{1849,5}{(1,32)^{\frac{1}{2}} 10^4} = 0,161, \qquad A = 0,161 \text{ cm}^2\text{sec}^{-3}.$$

Ce résultat étant acquis, on peut calculer la grandeur des étoiles. En admettant que 2,11 représente le poids moléculaire moyen, on trouve les résidus suivants par rapport aux grandeurs qui découlent de l'observation : +0,02 pour V Puppis, −0,20 pour Algol, −0,03 pour Capella, +0,05 pour le Soleil. L'étude du système Krueger 60 est particulièrement intéressante; chacune des deux composantes de ce système satisfait à la loi.

PHYSICO-LOGIQUE. — *L'unité de la Physique théorique*. Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le but de cette Note est d'esquisser la démonstration de l'unité de la Physique théorique sous la forme précise suivante : Étant donné deux théories physiques, il existe toujours une théorie qui les unifie.

1. Par des raisonnements de pure logique (il n'est pas nécessaire d'adopter la logique classique; une logique beaucoup plus générale L_2, que nous préciserons ailleurs, suffit), il est d'abord possible de démontrer que, deux théories Th_1 et Th_2 étant données, si aucune proposition de l'une n'a sa négation qui appartienne à l'autre, il existe une théorie englobante Th, telle que toute proposition de Th_1 ou de Th_2 appartient à Th, l'appartenance d'une proposition à une théorie signifiant qu'elle est conséquence des axiomes.

La théorie englobante a pour termes primitifs la réunion des termes primitifs, pour axiomes la réunion des axiomes des deux théories, avec ensuite une réduction pour établir l'indépendance, les règles de définition et de raisonnement étant celles des théories composantes dans les parties qui leur correspond; s'il existe une partie nouvelle, les règles qu'on y applique sont choisies de telle manière que la théorie soit consistante.

2. Dans le cas où il y a au moins une proposition d'une des théories dont la négation appartient à l'autre, il n'existe pas de théorie englobante, au sens que nous venons d'indiquer, qui soit non contradictoire.

Mais nous supposons que nos théories données Th_1 et Th_2 ne sont pas des théories déductives quelconques : ce sont des théories physiques ; par suite elles sont des schémas qui doivent être adéquats. Ce que nous devons chercher, ce n'est pas une théorie englobante qui contienne toutes les propositions des deux théories données, mais une théorie qui renferme toutes les propositions *adéquates* de chacune d'elles. Pour marquer la différence nous dirons dans ce cas *théorie unifiante* de Th_1 et Th_2.

Les propositions d'une théorie physique peuvent être classées en quatre catégories : 1° des énoncés de résultats d'expériences; 2° des énoncés de prévisions certaines ou incertaines concernant des mesures à effectuer ultérieurement; 3° des énoncés concernant des éléments abstraits adjoints aux éléments ayant une signification physique, c'est-à-dire aux résultats de mesures et aux prévisions de résultats de mesures; 4° des énoncés établissant des correspondances entre des ensembles de ces divers éléments.

Soit r appartenant à Th_1 et sa négation $\sim r$ à Th_2; cette proposition n'est pas du type 1°; si elle est du 2° il faudra faire appel à l'expérience; si elle vérifie toujours l'exactitude de r on considère Th_1 comme bien adaptée sur ce point et Th_2 devra être modifiée; ce sera le contraire si c'est $\sim r$ qui est vérifié. Mais l'expérience peut donner tantôt raison à Th_1 et tantôt à Th_2; dans ce cas les deux théories doivent être retouchées. En aucun cas l'expérience ne donnera la vérification simultanément de r et de $\sim r$, donc il y a nécessairement une inadéquation et une modification d'au moins une des deux théories est nécessaire. On doit de la même manière examiner les propositions des autres catégories et l'on est conduit au même résultat.

3. Pour modifier une théorie physique on peut se borner à modifier les axiomes ou les règles de définition (en général on ne peut toucher aux termes primitifs qui doivent être conservés). De telles modifications ne sont pas toujours suffisantes pour assurer l'adéquation, car si l'on peut éliminer les propositions inadéquates de cette manière, le plus souvent on éliminera en même temps des propositions qu'il est nécessaire de conserver. Donc ces modifications ne seront pas toujours convenables. Il faut en envisager d'autres qui ne peuvent être que des modifications des règles de raisonnement. Un exemple effectif où l'on se trouve dans cette nécessité est fourni par la

conciliation des théories ondulatoires et corpusculaires dans la Mécanique ondulatoire qui, comme l'a établi Mlle Février (¹), exige une modification de la logique. Ces modifications ne peuvent être que des affaiblissements des règles classiques ayant pour effet d'interdire certains raisonnements.

Ayant éliminé par des modifications convenables les propositions inadéquates de Th_1 et Th_2, tout en conservant la totalité des propositions adéquates, ces théories sont devenues Th'_1 et Th'_2 qui n'ont plus de propositions telles que la négation d'une proposition de l'une appartienne à l'autre; il existe alors une théorie englobant Th'_1 et Th'_2. Nous lui donnerons le nom de théorie unifiante de Th_1 et Th_2, d'où :

Il existe toujours une théorie unifiante de deux théories physiques qui est au moins aussi adéquate que les deux théories données.

Par récurrence sur la construction de théories unifiantes ce résultat s'étend immédiatement au cas de n théories physiques par unification successive de la théorie unifiant les p premières avec la $(p+1)^{\text{ième}}$: c'est en cela que consiste l'unité de la Physique théorique.

4. Pour l'établir, on doit bien remarquer que les raisonnements de logique pure ne nous ont pas suffi et que nous avons dû utiliser la notion d'adéquation et faire appel à des expériences. Ce n'est que par des raisonnements de ce genre, qu'il est possible d'ailleurs de formaliser complètement, que l'on peut obtenir des résultats généraux concernant les théories physiques. On doit les considérer comme appartenant à une discipline nouvelle que nous appellerons *Physico-logique*. Elle doit jouer vis-à-vis des théories physiques le même rôle que la Métamathématique vis-à-vis des théories mathématiques.

5. La méthode qui nous a permis d'établir l'existence d'une théorie unifiante ne se borne pas à établir une existence idéale, mais fournit un moyen de construction effectif de la théorie unifiante : on part d'une théorie mixte Th_0 ne contenant que des parties de Th_1 et Th_2 englobables et par des adjonctions successives de termes et d'axiomes corrigées par des modifications des règles de raisonnement, on finit après un nombre d'adjonctions au plus égal au nombre d'axiomes des deux théories par obtenir la théorie unifiante.

Nous avons appliqué cette méthode à l'unification de la théorie de la

---

(¹) PAULETTE FÉVRIER, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 481 et 958.

Relativité généralisée et de la théorie des Quanta, qui étaient demeurées jusqu'à maintenant inconciliables et nous avons pu y parvenir.

Dès lors le problème de l'unification des théories physiques se trouve résolu effectivement dans sa pleine généralité.

PHYSIQUE. — *Influence des champs électrique et magnétique sur l'étincelle électrique dans l'air à la pression atmosphérique*. Note [1] de MM. **Lucien Bull** et **Pierre Girard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au cours d'expériences ayant pour objet la mesure photographique directe de petites étincelles condensées, nous avons fait quelques observations sur l'influence que peuvent avoir sur elles les champs électrique et magnétique.

Ces étincelles étaient produites par la décharge dans l'air d'une capacité d'environ 1/1000[e] de microfarad entre électrodes de magnésium espacées de 2[mm]. Les images étaient photographiées à l'aide d'un miroir tournant, selon la méthode classique, à cette différence près que le miroir, fixé sur un rotor sans axe mû par l'air comprimé suivant le principe Henriot-Huguenard, tournait à une très grande vitesse angulaire. Certaines modifications antérieurement décrites de cet appareil [2] permettent de conserver aux vitesses les plus élevées, la stabilité parfaite du rotor qui faisait défaut aux premiers modèles. On obtient ainsi sans difficulté que l'image de l'étincelle, réfléchie sur une plaque photographique, balaye la surface sensible à une vitesse de 13 km/sec, ce qui produit un étalement suffisant de son impression photographique pour en permettre commodément la mesure. La netteté des images est accrue par le soufflage des vapeurs métalliques au moyen d'un champ électrique orienté perpendiculairement à l'axe des étincelles.

La mesure de la durée de celles-ci fournit des valeurs de l'ordre de 10^{-7} sec. en accord avec celles déjà obtenues avec des vitesses angulaires plus faibles [3] et avec celles qu'a données la méthode du condensateur de Kerr utilisée notamment par Dunnington et White [4].

---

(1) Séance du 3 novembre 1937.
(2) P. Girard et Chuckri, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 327.
(3) L. Bull, *Rev. Opt. Théor. et Instr.*, **13**, 1934, p. 9.
(4) *Phys. Review*, **46**, 1934, p. 99.

L'effet produit sur l'étincelle par un champ électrique de 1000 volts-cm. paraît constant; l'étincelle est toujours courbée en arc dont la convexité est dirigée vers l'anode (*fig.* 1). Mais nous avons été surpris de voir, dans le cas du champ magnétique, que l'action de celui-ci ne paraît pas toujours

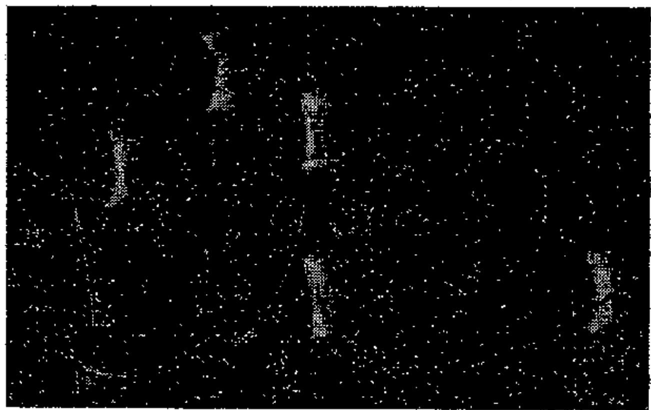


Fig. 1.

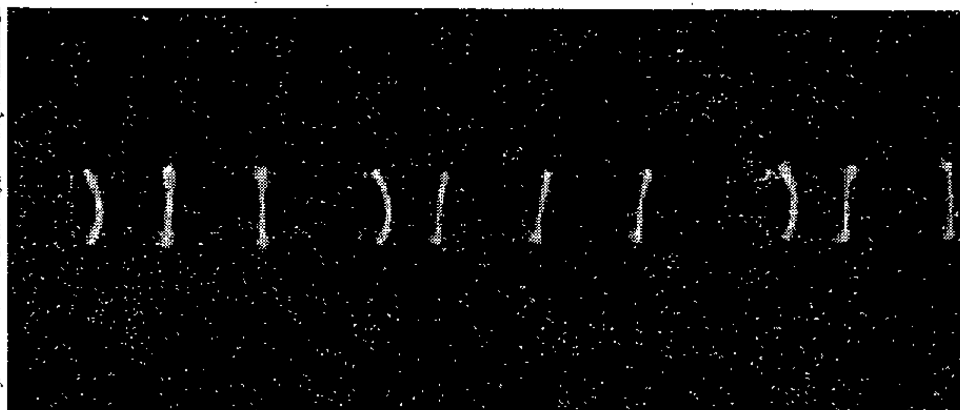


Fig. 2.

constante. Nous avons utilisé pour ces expériences des champs d'environ 10000 gauss, occasionnellement un champ de 30000, mis à notre disposition par M. Cotton. Or il arrive, de façon exceptionnelle, de constater au cours d'une même série d'étincelles que certaines d'entre elles sont périodiquement courbées en arc, ainsi que le montre la figure 2 choisie pour mettre en évidence ce cas exceptionnel. On peut dire qu'en général les étincelles paraissent ne subir aucun effet appréciable d'un champ magnétique.

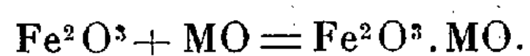
Le mécanisme de la décharge par étincelle électrique n'est donc pas toujours identique à lui-même, il dépend probablement de l'état du milieu diélectrique.

Dans certaines conditions rares que nous cherchons à préciser, les électrons transportant la charge d'une électrode à l'autre auraient un libre parcours notable et, sous l'action du champ magnétique, suivraient un trajet courbe. Plus fréquemment ce libre parcours des électrons serait nul ou trop petit pour qu'une déviation appréciable pût leur être imprimée.

En tout cas, une théorie quelle qu'elle soit du mécanisme de l'étincelle électrique devra tenir compte de la façon dont l'étincelle se comporte dans un champ magnétique.

MAGNÉTISME. — *Influence des transformations magnétiques sur la vitesse de formation des ferrites.* Note de MM. **Hubert Forestier** et **Richard Lille**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons récemment montré (¹) que la transformation magnétique au point de Curie avait une influence sur l'activité catalytique des oxydes ferromagnétiques; ces résultats nous ont conduits à étudier cette influence dans un type de réaction chimique simple, telle que la formation des ferrites à partir du sesquioxyde de fer et des oxydes métalliques du type MO



$$Fe^2O^3 + MO = Fe^2O^3.MO.$$

On sait que Fe^2O^3, bien qu'ayant un coefficient d'aimantation très faible (30.10^{-6}), est un corps ferromagnétique dont le point de Curie est situé à 675° [2]; nous avons donc cherché à déceler une variation de la vitesse de formation des ferrites au voisinage de cette température.

Les composés ainsi obtenus étant fortement ferromagnétiques, en général, il était tout indiqué de suivre cette vitesse de réaction par une méthode magnétique. Le mélange des deux oxydes précipités simultanément dans les conditions habituelles [2], était recuit pendant une demi-heure à différentes températures, et les variations d'aimantation après recuit, repérées à l'appareil thermomagnétique.

Cette étude a porté sur les ferrites suivants : $Fe^2O^3.MgO$, $Fe^2O^3.SrO$, $Fe^2O^3.NiO$, $Fe^2O^3.CuO$, $Fe^2O^3.BaO$, $Fe^2O^3.PbO$. Les résultats obtenus sont rassemblés sur la figure ci-contre, dans laquelle les abscisses représentent les températures de recuit et les ordonnées l'aimantation à la température ordinaire [3].

Le fait fondamental qui ressort de l'examen de ces courbes est l'existence d'un maximum assez aigu autour de 675°, et du même ordre de grandeur quels que soient les oxydes réagissants : *il y a donc une augmentation de la vitesse de réaction au voisinage du point de Curie de* Fe^2O^3. Des maxima étroits du même genre, mais de hauteurs très inégales (généralement

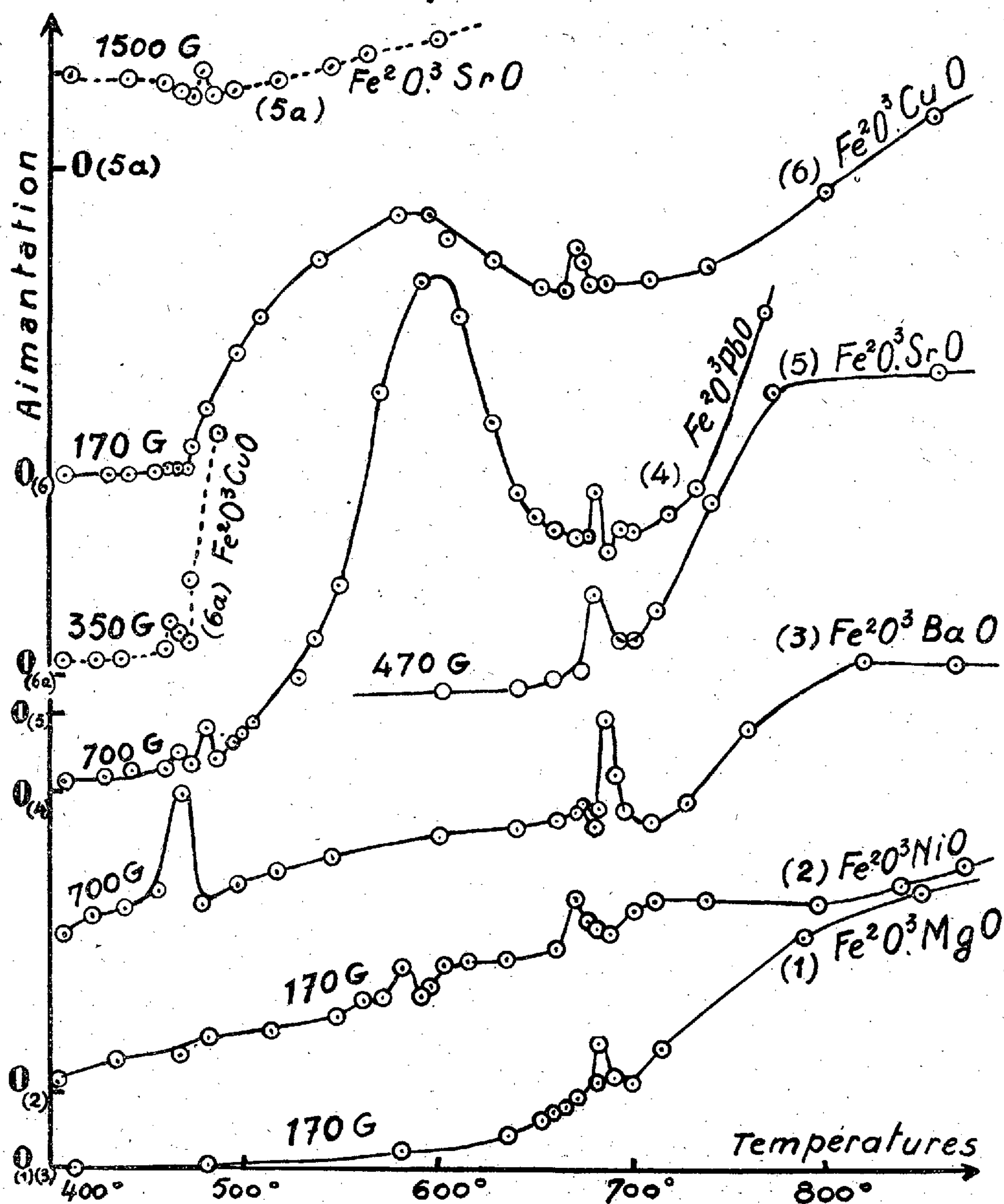
---

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1254.

(²) H. Forestier, *Thèse*, Paris, 1928.

(³) Certains tronçons de courbes (5 *a*) et (6 *a*) correspondent à des expériences effectuées dans un champ magnétique plus élevé que pour la courbe principale (5 ou 6) afin de mieux mettre en évidence certaines anomalies.

faibles), apparaissent avant 675°, à des températures variables d'une courbe à l'autre, ces températures correspondent aux points de Curie des



différents ferrites en formation : $Fe^2O^3.NiO$ (590°), $Fe^2O^3.BaO$ (460°), $Fe^2O^3.PbO$ (465°), $Fe^2O^3.CuO$ (460°), $Fe^2O^3.SrO$ (480°).

Il faut noter également, dans le cas des ferrites de cuivre et de plomb, un

véritable démarrage de la réaction après leurs points de Curie respectifs; la quantité de ferrite formé passe par un maximum assez étalé (fortement marqué pour le ferrite de plomb) situé entre les points de transformation magnétique du ferrite et de Fe^2O^3; nous avions constaté de même pour ces deux ferrites, une augmentation rapide de leur activité catalytique après leur point de Curie. Ces résultats rappellent ceux déjà obtenus en utilisant ces oxydes comme catalyseurs ([1]); ils apportent une nouvelle confirmation de l'influence de la transformation magnétique sur l'activité chimique des corps ferromagnétiques.

PHOSPHORESCENCE. — *Modifications de la phosphorescence d'un sulfure de zinc semi-conducteur sous l'influence d'un courant électrique.* Note de M. **Georges Déchène**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai déjà signalé ([1]) que la phosphorescence d'un sulfure de zinc semi-conducteur subit, dans une couche mince au contact des électrodes, un affaiblissement notable sous l'influence du passage d'un courant électrique (continu ou alternatif) sous une tension de quelques centaines ou quelques milliers de volts. Ce phénomène est en corrélation avec la production d'un champ électrique intense au voisinage des électrodes.

J'ai constaté aussi que l'extinction par un courant électrique est parfois précédée d'une surexcitation très brève de la phosphorescence. J'ai repris l'étude de ces phénomènes en utilisant un nouveau dispositif expérimental: l'écran phosphorescent est recouvert d'une électrode conductrice transparente (lame de cellophane plongée dans une solution étendue d'acide sulfurique, puis séchée); la lumière émise est projetée sur une cellule photoélectrique sensible, le flux lumineux étant interrompu 320 fois par seconde à l'aide d'un disque tournant; le courant photoélectrique ainsi modulé est, après amplification, rectifié par un redresseur oxymétal et mesuré avec un galvanomètre amorti de faible période (une seconde) qui permet de suivre les variations rapides de l'éclat de l'écran phosphorescent.

Considérations théoriques. — On admet que la phosphorescence est provoquée par le retour aux atomes de l'impureté luminogène des électrons qui en ont été extraits lors de l'excitation.

Dans les conceptions de Lenard, l'électron est retenu par un atome

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 139.

électronégatif formant avec l'atome luminogène ionisé une « paire polarisée »; c'est à l'aide de cette hypothèse, par des raisonnements souvent fort compliqués, que Schmidt ([2]) a expliqué la surexcitation de la phosphorescence d'un sulfure de zinc isolant sous l'influence d'un champ électrique intense.

On peut interpréter plus simplement les résultats de Schmidt et les miens en admettant, comme l'a fait Maurice Curie ([3]), que l'électron, sans se fixer sur un atome déterminé, reste au voisinage immédiat du centre dans le champ interionique du réseau cristallin du diluant. On sait que les travaux récents sur la semi-conductibilité admettent que les hétérogénéités dans un cristal y facilitent le déplacement des électrons. Dans un sulfure de zinc isolant, un champ électrique intense peut donc déplacer l'électron de phosphorescence dans le voisinage du centre phosphorogène dont il est issu et faciliter ainsi son retour à l'atome luminogène; ainsi s'explique l'accroissement de luminosité au moment de la production du champ électrique. Mais si, comme dans mes expériences, le milieu est semi-conducteur, certains de ces électrons peuvent être entraînés dans le diluant loin des centres phosphorogènes; il en résulte un affaiblissement durable de la phosphorescence.

Divers faits observés. — Soient b_1 et b_2 les brillances de deux régions voisines d'un même écran excitées dans les mêmes conditions, la deuxième région seule ayant subi l'extinction par un courant électrique, le quotient b_1/b_2 sera désigné dans ce qui suit par l'expression *rapport d'extinction*.

Les électrons de phosphorescence entraînés par le champ électrique sont ceux dont l'extraction était particulièrement aisée et dont, par suite, un retour spontané rapide à l'atome luminogène était le plus probable; on doit donc prévoir, ce qui confirme l'expérience, une diminution progressive du rapport d'extinction après la suppression du courant.

Exemple. — ZnCdS — Cu rouge orangé. — L'extinction sous une tension alternative de 1500 volts est produite 15 secondes après l'excitation.

Temps écoulé depuis l'extinction (en secondes)...	5.	35.	60.	90.
Rapport d'extinction........................	1,6	1,3	1,15	1,05

Cependant un léger affaiblissement subsiste tant que la phosphorescence est sensible.

([2]) *Ann. de Phys.*, 7, 1923, p. 161.

([3]) Maurice Curie, *Luminescence des corps solides*, Conférences-Rapports, 1934; *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1352).

2° Soit un écran divisé en deux régions A et B, dont la première seule a été traversée par un courant électrique. Si, quelques minutes après l'extinction, on chauffe l'écran pour accélérer l'émission de la phosphorescence, la région A paraît d'abord plus sombre, puis son éclat devient égal à celui de B tant que la phosphorescence subsiste; dans l'ensemble, « la somme de lumière » émise par la région A est donc plus faible; il faut admettre que, comme dans l'extinction par les rayons infrarouges et sans doute par le même mécanisme (M. Curie, *loc. cit.* p. 83), l'entraînement de l'électron de phosphorescence est suivi d'une désactivation de l'atome luminogène sans émission lumineuse visible.

Si l'on attend pour chauffer l'écran plusieurs jours ou même plusieurs semaines, on observe encore une légère luminosité résiduelle (thermoluminescence), dans ce cas, l'éclat de la région A est plus intense et plus persistant; certains électrons de phosphorescence, tout en restant au voisinage du centre phosphorogène, ont donc été entraînés par le champ électrique en une position telle que leur retour spontané à température ordinaire soit très improbable.

3° Si le courant électrique est maintenu dans la substance phosphorescente pendant son excitation, la suppression de ce courant pendant la désactivation produit un bref renforcement d'éclat.

La disparition du champ est en effet accompagnée du retour des électrons qui, sans s'éloigner des centres phosphorogènes, avaient été déplacés par le champ électrique; ce mouvement des électrons provoque la recombinaison de certains d'entre eux avec les atomes luminogènes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Comparaison des spectres d'absorption dans le proche infrarouge des amines à l'état de vapeur et à l'état liquide.* Note de Mme **Marie Freymann**, présentée par M. Georges Urbain.

Les recherches sur les spectres d'absorption dans le proche infrarouge des composés organiques à l'état de vapeur ont été relativement peu développées jusqu'ici [1]; en ce qui concerne les amines, aucun travail n'avait encore été effectué à notre connaissance. Nous nous sommes donc proposé

---

[1] Mecke et ses collaborateurs, *Zts. für Phys.* de 1930 à 1937; A. Naherniac, *Ann. de Phys.*, 7, 1937, p. 528; B. Stansfeld, *Zts. für Phys.*, 74, 1932, p. 466.

de comparer les spectres des amines que nous avions examinées à l'état liquide ([2]) à celui des mêmes substances à l'état de vapeur.

Les spectres des vapeurs ont été enregistrés (entre $0^{\mu},8$ et $1^{\mu},2$) en utilisant une cuve de pyrex à faces terminales soudées (longueur 1^{m}), chauffée électriquement. Lorsque la température de la cuve a atteint le point d'ébullition de la substance étudiée, on introduit rapidement celle-ci (5 à 20^{cm^3}) et l'on ferme hermétiquement la cuve.

Les fentes d'entrée et de sortie du spectromètre occupant 3 Å dans le spectre, nous ne pouvons observer la structure rotationnelle des bandes. Dans certains cas (hydrazine par exemple), nous avons cependant décelé les branches P et R.

C'est le troisième harmonique de la bande (NH) voisine de $1^{\mu},04$ que nous avons examiné pour quelques amines typiques : Isopropylamine, amylamine, hydrazine, aniline, monométhylaniline, pipéridine et pyrrol.

Trois résultats essentiels méritent d'être signalés :

1° Pour tous ces amines le *passage de l'état liquide à l'état de vapeur se traduit par un déplacement des diverses composantes* (NH) *vers les fréquences élevées*. On obtient par exemple les variations suivantes : Isopropylamine liquide : 10455 (I), 10168 (f), 10064 (f); vapeur : 10466 (i), 10394 (I), 10130 (f), 10000 (f). — Amylamine liq. : 10452 (I), 10168 (f), 10064 (f); vap. : $\left\{\begin{smallmatrix}10401\\10349\end{smallmatrix}\right\}$ (I), 10130 (f), 10000 (f). — Hydrazine liq. : 10654 (I), 10557 (I), 10317 (f), 10189 (f); vap. : $\left\{\begin{smallmatrix}10583\\10547\end{smallmatrix}\right\}$ (I), $\left\{\begin{smallmatrix}10401\\10362\end{smallmatrix}\right\}$ (I), 10176 (f), 10020 (f). — Aniline liq. : 10289 (I), 9999 (f); vap. : 10156 (I), 10054 (f), 9851 (f), 9727 (?). — Monométhylaniline liq. : 10427 (i), 10212 (I); vap. : 10085 (I). — Pipéridine liq. : 10801 (f), 10692 (f), 10542 (I), 10478 (I); vap. 10732 (f), 10635 (f), 10500 (I), 10375 (I). — Pyrrol liq. : 10413 (i), 10116 (I); vap. : 9961 (i), 9890 (f), 9818 (I).

I = intense, i = inflexion, f = faible.

Ces déplacements sont de même sens que ceux résultant de la dilution des mêmes amines dans CCl^4 ou H^2O, mais ils leur sont supérieurs. *Ils manifestent la destruction des interactions moléculaires*. En général, les bandes des vapeurs sont fines et bien définies.

2° Dans un travail précédent (*loc. cit.*) nous avons indiqué la présence de trois composantes de la bande (NH) pour les amines primaires aliphatiques liquides. Ces résultats paraissant contradictoires avec les données de

([2]) Mme M. Freymann et M. R. Freymann, *Journ. Phys.*, 7, 1936, p. 476.

l'effet Raman et leur interprétation mécanique (vibrations symétrique et antisymétrique), nous avions réservé la possibilité de la superposition d'une bande (CH) aux composantes (NH). Or la figure A montre pour l'isopropylamine (comme pour l'amylamine) trois composantes très nettes. Dans les conditions expérimentales où nous travaillons, les bandes (CH) n'apparaissent pas à l'état de vapeur; nous sommes donc en droit de conclure à *l'existence de trois composantes* (NH) *pour les amines primaires aliphatiques.*

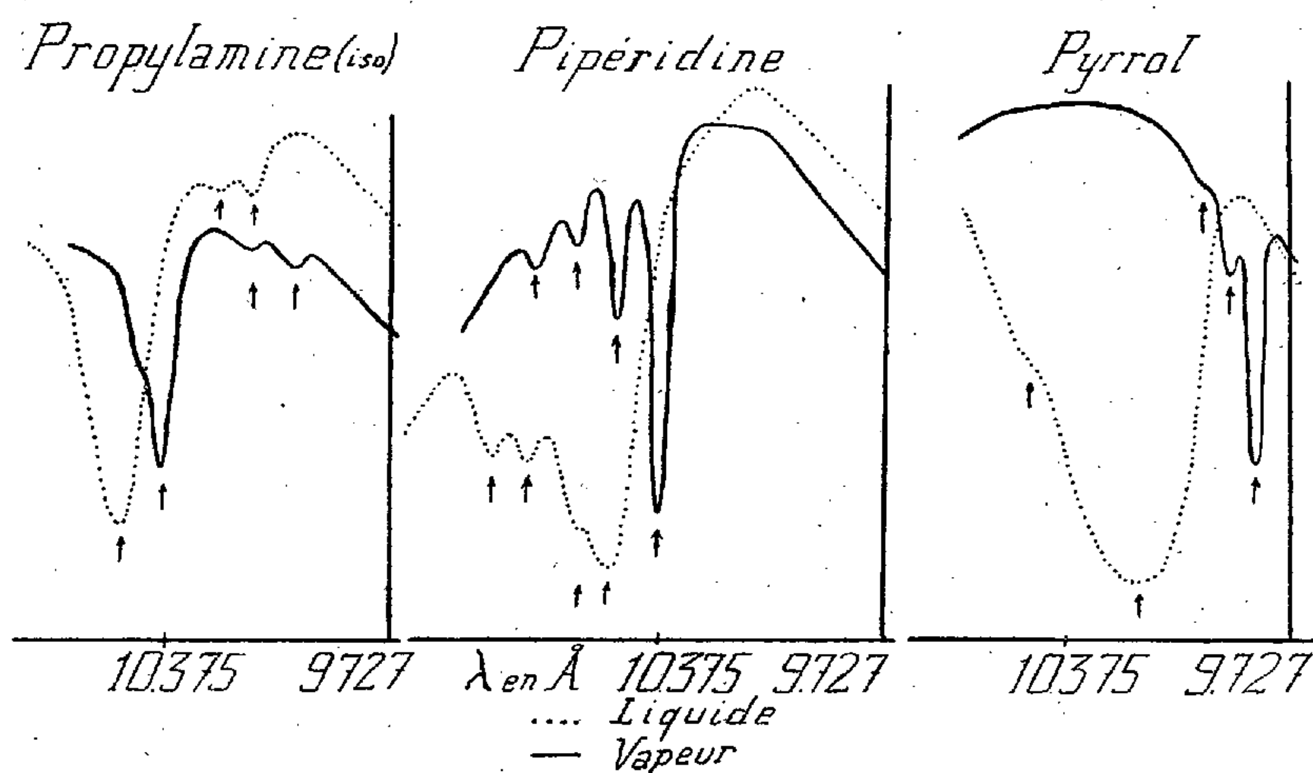


Fig. A. Fig. B. Fig. C.

3° Nous avons observé précédemment la présence de quatre composantes (NH) pour la pipéridine et de deux pour le pyrrol à l'état liquide. Aussi avons-nous admis avec d'autres auteurs ([3]) *l'existence de plusieurs formes moléculaires en équilibre.* Cet effet n'est pas lié à l'influence des interactions moléculaires car les figures B et C montrent que *les diverses composantes* (NH) *existent encore à l'état de vapeur pour la pipéridine et le pyrrol.* Nos conclusions antérieures se trouvent donc confirmées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'élément* 87 (Ml).
Note de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

Depuis ma Note préliminaire sur l'élément 87 (*moldavium*), j'ai cherché, sur mes souches initiales, plus concentrées en alcalins lourds, à préciser les émissions $L\beta$ et $L\gamma$.

([3]) G. Bonino, *Rendiconti Lincei*, 25, 1937, p. 502; M. Freymann et R. Freymann (*loc. cit.*); L. Pauling, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 94.

87 $L\beta_1$, la plus intense du groupe, se situe dans une région spectrale peuplée de raies d'autres éléments lourds connus : $HgL\gamma_4\gamma'_4$ [834,8 (Müller); 836,1 (Eddy Turner); γ_4 (837,21); γ'_4 (838,40) (Y. Cauchois)]; $BiL\gamma_5$ (837,7); $PbL\gamma_4$ (838,01); $TlL\gamma_3$ (839,34); $TlL\gamma_6$ (842,28).

Pour Hg, Bi et Tl ces raies ne peuvent gêner l'émission recherchée car leurs γ_1 n'apparaissent absolument pas dans l'émission propre du tube ni sur les clichés d'analyse de mes souches.

Mes produits donnent tous une raie à environ 838 u. x. (à la précision de mes pointages non séparable de $Pb\gamma_4$). Comme on pouvait craindre une émission de fluorescence de certaines protections de Pb du spectrographe (cependant peu probable dans mes conditions d'expérience), j'ai recherché simultanément $PbL\beta_{1,2}$ et $PbL\alpha_1$ qui doivent être de beaucoup plus intenses. Dans les cas où ces raies n'étaient pas décelées, l'émission *propre* du tube ne donnait pas la raie 838, mais celle-ci apparaissait lorsque je plaçais le produit à analyser sur l'anticathode. Son intensité augmentait lentement avec la concentration en alcalins lourds par fractionnements successifs.

D'ailleurs les autres raies du Pb à attendre dans le voisinage : $L\gamma_3$, γ_2, γ_6, γ_4 étaient totalement absentes.

87 $L\beta_2$. — Les raies les plus voisines à craindre sont : $SnK\beta_2$ (deuxième ordre) : $2 \times 425,04$ (Ingelstam) et $ThL\eta$ (852,8).

Je décèle une émission faible, mais persistante, à environ 856 u. x., nettement distincte de $Th\eta$. Aucune trace de SnK dans le premier ordre.

L'existence de la raie 856, *libre de toute coïncidence, déjà à la précision de ces mesures, constituerait l'une des meilleures preuves de la probabilité d'existence d'un certain isotope* 87 *non fugitif.*

Le spectre $K\beta$ du Rb gêne considérablement l'analyse éventuelle de 87 $L\beta_3$, β_5.

J'ai encore observé souvent, entre autres, une raie très faible, mais bien définie vers 715 u. x. Les contrôles montrent qu'il ne s'agit ni de $MoK\alpha$ ni de $UL\beta_1$. Cette raie pourrait être identifiée à 87 $L\gamma_1$.

Ces recherches renforcent donc mes premiers résultats sur l'élément 87, *quoique la faiblesse des émissions observées souligne sa rareté.*

Récemment F. R. Hirsh [2] a recherché sans succès cet élément 87 dans $CsHSO_4$ extrait d'une lépidolithe. Avec le même cristal analyseur, Papish

---

[1] H. Hulubei, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1927.
[2] *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 584.

et Wainer ([3]) avaient annoncé avoir identifié certaines raies du 87 (samarskite). Hirsh ([2]) relève un défaut dans le cristal de Papish et Wainer et met en doute, de ce fait, leurs résultats expérimentaux. D'ailleurs, même sans ce détail, le travail préliminaire et sans suite de ces auteurs était difficile à retenir. En effet : *Raie* 1026 : coïncidence, entre autres, avec $WL\gamma_4$ et Au $L\beta_{10}$. *Raie* 1038: coïncidence avec $BrK\alpha_1$ (1037,59); et $HgL\beta_2$ (1037,56); l'auteur n'indique pas avoir recherché le Br ni le Hg. *Raie* 944 : : diffère d'environ 10 u. x. de toute prévision théorique pour 87 $L\eta$, émission d'ailleurs parmi les plus faibles à attendre. *Raie* 852,4 : mesurée avec précision et interprétée comme 87 $L\beta_2$. L'écart aux prévisions théoriques serait de plus de 3 u. x., ce qui est trop pour une raie mesurée à O, I u. x. près. Par contre, il y a coïncidence avec $Th\eta$ (852,8). *Raie* 4517: coïncidences possibles, entre autres, avec Bi $M_{III}N_V$, Au $M_{III}O_{IV,V}$, Ru $L\beta_4$ (1er ordre), $WL\gamma_5$ (4e ordre).

Quant au résultat positif annoncé par F. Allison ([4]) et ses collaborateurs, il semble impossible de le retenir puisque la méthode « magnétooptique » qui leur a servi a été continuellement critiquée et mise en question. [Voir par exemple les résultats récents d'un contrôle rigoureux de cette méthode par G. Comstock ([5]) : l'effet magnétooptique d'Allison n'existe pas.] De plus l'élément 87 (impair) serait révélé, dans cette méthode, par six isotopes?

Hirsh ([2]) considère comme encore ouverte la question des preuves expérimentales de l'existence du 87, car les nombres approximatifs que j'ai indiqués pour 87 $L\alpha_1$ et α_2 pourraient être attribuables à $HgL\beta_3$ et $HgL\beta_4$. Le jeu seul des intensités des raies que j'observe ne permet pas cette interprétation et j'avais souligné qu'il n'y avait pas de Hg dans l'émission de mon tube (pas de $HgL\alpha_1$). Mes nombres, résultant d'une mesure très difficile, sur des raies très faibles, ne devaient prétendre à une grande précision; je les avais donnés à titre d'indication après avoir fait les recoupements spectroscopiques utiles pour fixer l'origine de celles-ci; ils ne diffèrent certainement pas de 6 et 7 u.x. des valeurs théoriques, aucune interpolation sur des nombres actuellement connus ne pouvant donner 1026 et 1036 pour α_1 et α_2. (D'ailleurs Papish et Wainer calculent aussi 1026 et 1038.)

([3]) J. Papish et E. Wainer, *Journ. of Americ. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 3818.
([4]) F. Allison et Murphy, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 285.
([5]) G. C. Comstock, *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 776.

De nombreux contrôles, avec tubes à rayons X pompés exclusivement à l'huile, avec filament de tantale, pour débarrasser la région spectrale des émissions WL gênantes : $L_I O_V$, $L_I O_{IV}$, γ_4, γ'_4, $L_I O_I$, $L_I N_V$, $L_I N_{IV}$, m'ont permis d'observer la persistance des émissions considérées dont je m'efforce de préciser la mesure. J'ai d'ailleurs obtenu ces émissions, avec mes produits, à l'aide de deux spectrographes différents et de cristaux différents (quartz, mica), avec divers plans réticulaires dans plusieurs ordres. Ces concordances éliminent encore des erreurs possibles, entre autres celles dues à la parution de raies de fond continu, par des réflexions cristallines multiples [6].

CHIMIE PHYSIQUE. — *La variation isotherme et réversible de l'absorption dans les sols thixotropes.* Note [1] de M. **Wilfried Heller** et Mlle **Germaine Quimfe**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a émis l'hypothèse [2] que la formation des géloïdes est à la base de la solidification thixotrope des sols. Ces géloïdes seraient une sorte d'agrégats réversibles des particules colloïdales (primaires ou secondaires). Nous donnons sous forme de résumé préliminaire quelques résultats expérimentaux qui paraissent favorables à cette hypothèse.

Une conséquence de cette conception est que les distances statistiques $\overline{d}_1$ entre les particules réunies en géloïdes seraient inférieures à $\overline{d}_0$ dans le système liquéfié et homogène (il s'ensuivrait pour la liqueur résiduelle et non gélifiée un $\overline{d}'_{1\,\mathrm{lim}} \to \infty$). On peut essayer d'évaluer l'ordre de grandeur de $\overline{d}_1$. Jochims [3] observait que des sols de V_2O_5 dans lesquels il y avait des tactoïdes pouvaient devenir thixotropes si l'on augmentait la concentration du contre-électrolyte présent. Puisque un affaiblissement du potentiel ζ diminue les distances interparticulaires dans l'état d'agrégation (s'il n'y a pas intervention d'autres facteurs), il est raisonnable d'admettre que $\overline{d}_1$ peut être inférieur à une longueur d'onde lumineuse, car il a été établi que $\overline{d}_1$ dans les tactoïdes ne dépasse guère 3000 Å [4]. Si les particules

(6) Y. Cauchois, H. Hulubei et J. Weigle, *Helvetica Phys. Acta*, **10**, 1937, p. 218.

(1) Séance du 3 novembre 1937.

(2) W. Heller, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 61.

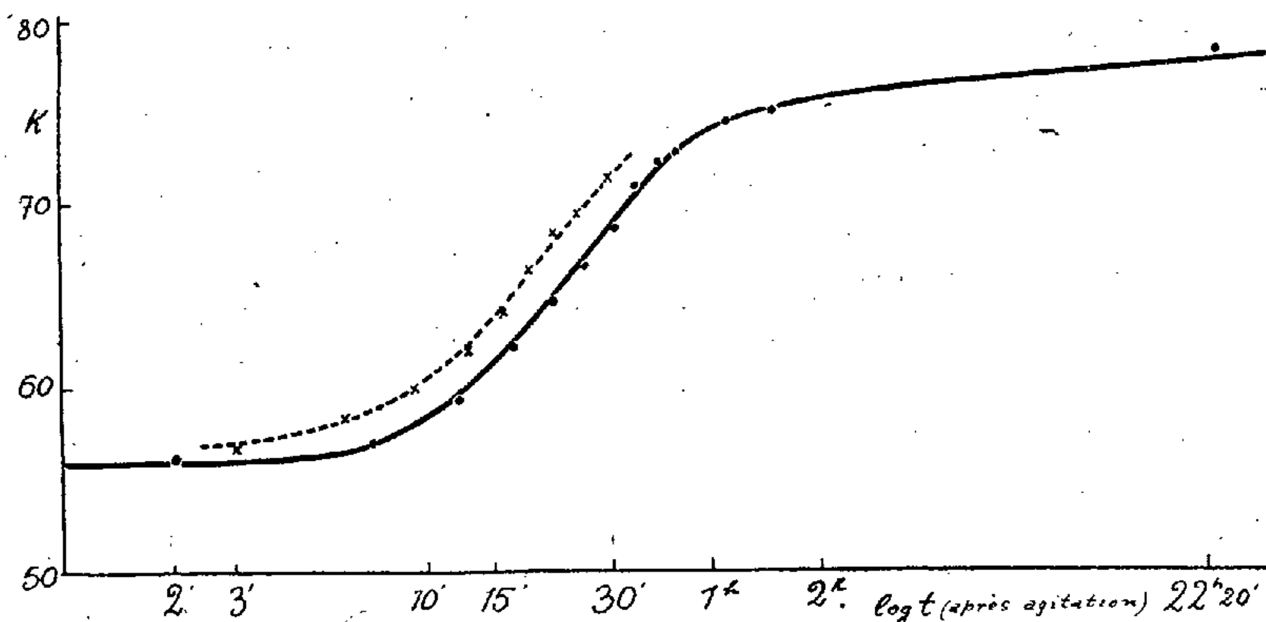
(3) *Koll. Zeitschr.*, **41**, 1924, p. 215.

(4) W. Heller, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 831.

diffractent notablement la lumière, la transition $\overline{d}_0 \rightarrow \overline{d}_1 + \overline{d}'_1$ doit alors être accompagnée d'un accroissement perceptible du pouvoir d'absorption conservatrice du système, en raison de la valeur critique de $\overline{d}_1$. Pour essayer de prouver l'existence des géloïdes on a donc cherché l'effet jusqu'alors inconnu d'une augmentation isotherme et réversible de l'absorption.

Pour l'étude on s'est servi d'un vieux sol thixotrope de goethite fortement diffractant. Il ne devenait suffisamment transparent que sous l'épaisseur de $0^{mm},97$ pour la radiation utilisée (6200 Å). La température était $22°,7$. Le temps de solidification : 9 minutes (diamètre du tube, $0^{cm},96$). Le coefficient d'absorption K se rapporte à l'épaisseur de 1^{cm} et à la concentration du sol de 6,44 pour 100 Fe.

La figure montre que l'effet existe vraiment. Les mesures de contrôle



(marquées par des croix) se rapportent au même échantillon, liquéfié à nouveau dans la cuve 5 jours après la première mesure ([5]). Il paraît ainsi établi que les géloïdes peuvent exister et que les distances interparticulaires $\overline{d}_1$ ne dépassent pas dans le cas présent une longueur d'onde du spectre visible ([6]).

([5]) L'effet ne peut pas provenir d'une déshydratation isotherme et réversible, car ce phénomène est thermodynamiquement impossible (l'énergie produite par l'agitation est trop petite), aussi la recherche expérimentale de cette déshydratation RÉVERSIBLE n'a-t-elle pas donné de résultats (E. HEYMANN, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 846). L'effet ne peut pas provenir non plus des actions énergétiques interparticulaires qui diffèrent dans l'état de mouvement suspendu libre et de mouvement des particules, car il est trop grand.

([6]) Cette deuxième constatation pourra être complétée d'une façon quantitative si l'on détermine la variation spectrale de $K_t - K_{t_0}(\Delta K)$. A chaque $\overline{d}_1$ doit correspondre

[Le *temps mort* au début de l'évolution correspond au fait analogue observé lors des essais de centrifugation (1), ce qui vient à l'appui de l'explication alors donnée.]

La présence ou l'absence d'un ΔK ne pourra servir pour prouver l'existence des géloïdes que si K_{t_0} est très grand. Car il peut y avoir absence pratique de ΔK dans un système à réseau de géloïdes si les particules sont fortement hydratées. L'hydratation diminue non seulement K_t et K_{t_0}, mais les particules ayant un plus grand volume, il se peut que $\bar{d}_1$ soit tel que $K_t - K_{t_0}$ devienne trop petit dans le visible. Nous y voyons la raison pour laquelle on ne parvenait pas, dans une étude antérieure ([7]) faite avec des sols thixotropes d'agar, à mettre en évidence une variation isotherme et réversible de l'effet Tyndall.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption, dans le proche infrarouge, des systèmes constitués par le gaz chlorhydrique et un solvant organique oxygéné.* Note de MM. **René Freymann** et **Jules Guéron**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié, entre $0^\mu,8$ et $1^\mu,2$, le spectre infrarouge de solvants organiques ayant dissous du gaz chlorhydrique. On admet en effet généralement qu'il existe, dans ces solutions, des composés d'addition du type oxonium, dont certains ont pu être isolés à basse température, et des ions H^+ *solvatés* ($C^2H^5OH^{2+}$, par exemple, dans l'éthanol) ([1]).

Le solvant soigneusement desséché a été recueilli, après une dernière redistillation, dans un tube d'absorption du type Laîné (épaisseur utile, 5^{cm}) préalablement refroidi à $-73^\circ C$. (ou, dans le cas du dioxane et du benzène, au voisinage du point de fusion du

---

une limite spectrale à partir de laquelle l'action séparée des particules d'un géloïde ($\lambda \ll \bar{d}_1$) devient plutôt une action combinée ($\lambda \gtrless \bar{d}_1$). On doit donc s'attendre à une convergence de ΔK vers o lorsqu'on descend vers les courtes longueurs d'onde. On pourra ainsi faire encore des déductions sur une variation de la valeur de $\bar{d}_1$ en comparant les λ pour lesquels $\lim \Delta K = 0$. Si ΔK est très grand pour $\lambda \geqq \bar{d}_1$, on pourra d'ailleurs espérer trouver une région spectrale limitée pour laquelle la courbe d'absorption conservatrice est *anormale*, c'est-à-dire où *la diffraction augmente avec la longueur d'onde.*

([7]) F.-G. Donnan et K. Krishnamurti, *Colloid Symp. Monogr.*, 7, 1930, p. 1.

([1]) Briegleb et Lauppe (*Z. phys. Chem.*, 28 B, 1935, p. 154) ont montré que, dans le spectre Raman de solutions de BrH dans l'éther, à — 40° C, certaines fréquences du solvant disparaissent tandis que des fréquences nouvelles se manifestent.

produit). On en détermine alors le spectre d'absorption. Puis on fait passer, dans le tube d'absorption même, un courant de ClH bien sec et refroidi. L'absorption s'en effectue avec une forte augmentation de volume. On prend une série de spectres de la solution au cours de son réchauffage progressif jusqu'à la température ordinaire ([2]).

Nous avons ainsi étudié le méthanol, l'éthanol, la propanone, l'oxyde d'éthyle, le dioxane et le benzène.

1° Les bandes (CH) de $0^{\mu},9$ sont toujours déplacées vers les grandes fréquences (*fig.* 1 et 2), sauf dans le cas du benzène où aucune modification n'apparaît. Le déplacement atteint, respectivement, 60, 80, 130, 250 cm^{-1} pour l'éthanol, le dioxane, l'oxyde d'éthyle, le méthanol. Les bandes voisines de 1^{μ} (bandes de déformation ou de combinaison ?) subissent des déplacements de même sens et de même importance ([3]).

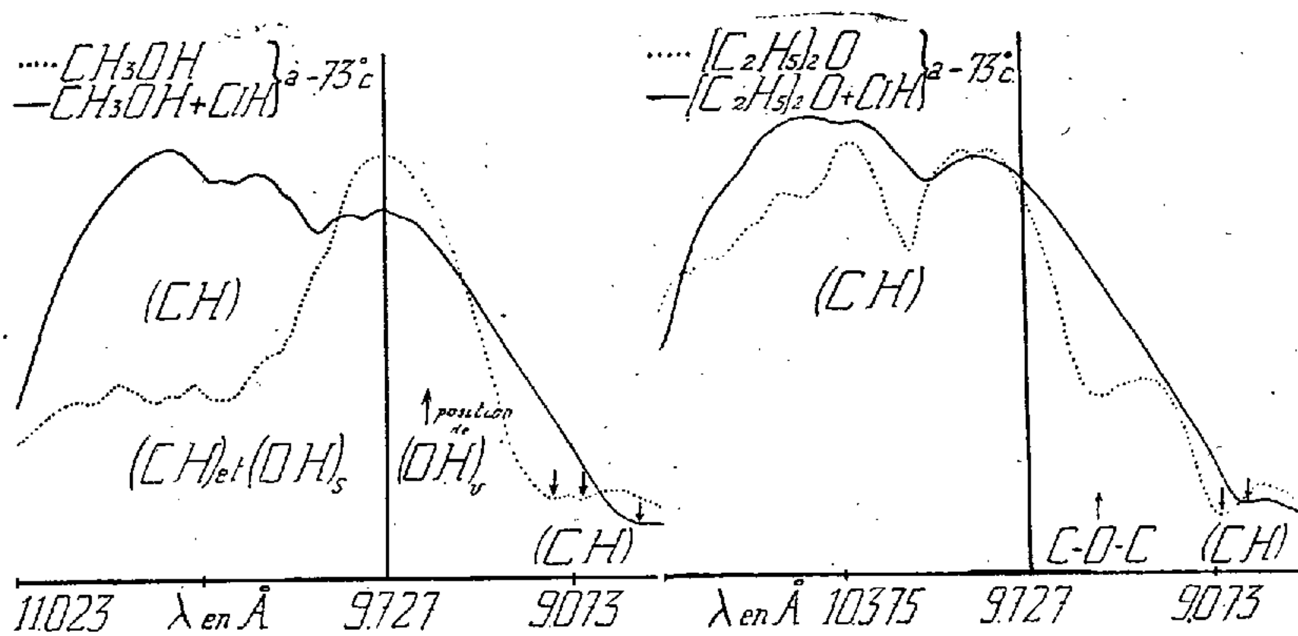


Fig. 1. Fig. 2.

2° Dans l'oxyde d'éthyle et dans le dioxane la bande voisine de $0^{\mu},94$, liée à la présence des groupes C-O-C, s'atténue fortement. Elle disparaît même dans le cas du premier corps (*fig.* 2), au moins sous la faible épaisseur

---

([2]) En maintenant une basse température pendant toutes les opérations on est à peu près certain qu'il n'y a pas eu entre le solvant et ClH d'autres réactions que l'ionisation et la formation de composés d'addition. En particulier les éthérifications sont exclues.

([3]) La bande de $0^{\mu},9$ est souvent double. La faible épaisseur sous laquelle nous opérions n'a pas toujours permis de la résoudre. Mais le déplacement observé est bien supérieur au déplacement apparent qui résulterait de l'effacement éventuel d'une des composantes. Ce déplacement semble toutefois inférieur à celui que provoque une réaction proprement dite : la bande se trouve à 11038 cm^{-1} dans l'éthanol, et vers 11100 cm^{-1} dans les solutions éthanoliques de ClH; dans le chlorure d'éthyle, elle est dédoublée à 11100 et 11167 cm^{-1} (tout ceci à — 73°C).

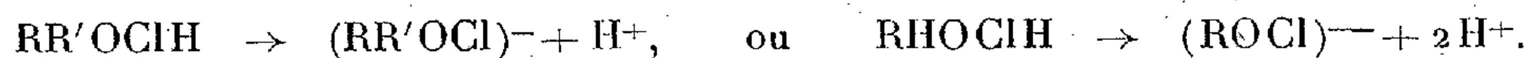
employée. Dans le cas du dioxane la bande atténuée se déplace, dans le même sens que les bandes (CH), de quantités du même ordre (CH : 80, C-O-C : 130 cm^{-1}).

3° Dans les alcools, la large bande $(OH)_s$ qui, vers $1^{\mu},04$, caractérise les groupes OH associés ([4]), disparaît dans les solutions chlorhydriques, alors qu'elle est intense, à la même température, dans les solvants purs (*fig.* 1). La bande $(OH)_v$, à $0^{\mu},96$, due aux groupes OH des molécules non associées ([4]), n'apparaît pas, même à température ordinaire (voir, figure 1, l'emplacement ordinaire de cette bande).

4° Tous ces changements subsistent jusqu'à la température ordinaire, en s'atténuant légèrement à mesure que ClH se dégage ([5]).

Il n'y a donc pas de différence spectrale essentielle entre les solutions à basse température (desquelles on a parfois pu séparer des composés définis) et ces mêmes solutions, à température ordinaire, où les composés éventuellement formés sont dissociés.

L'absence, à toute température, des bandes $(OH)_s$ et $(OH)_v$ semble incompatible avec les formules habituellement attribuées aux composés oxonium. Celles-ci impliquent en effet la permanence, ou même l'apparition, d'oscillations (OH) plus ou moins perturbées. On pourrait être tenté d'attribuer à la fois la disparition des bandes (OH) et la conductivité électrique des solutions à une ionisation des liaisons OH, sans solvatation de l'ion H^+ :



$$RR'OClH \rightarrow (RR'OCl)^- + H^+, \quad \text{ou} \quad RHOClH \rightarrow (ROCl)^{--} + 2H^+.$$

Cette hypothèse est insoutenable dans le cas de l'oxyde d'éthyle où ClH se dissout sans qu'apparaissent de propriétés acides ([6]).

On doit rapprocher le phénomène que nous signalons ici de la disparition des bandes (NH) observée aussi bien dans les spectres infra-rouges que dans les spectres Raman, lorsqu'on transforme NH^3 en $ClNH^4$ ou lorsque NH^3 ou des amines entrent dans la sphère de coordination d'un complexe de Werner ([7]).

([4]) R. Freymann, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1063; P. Barchewitz et R. Freymann, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1729.

([5]) Après retour à la température ordinaire il restait, par exemple, 4,4 mol/l de ClH dans l'éthanol, après 2 mois; 11,5 dans le méthanol, 8,5 dans le dioxane, aprés 48 heures. Il n'y en avait que 0,7 dans le benzène à 5°C.

([6]) *Traité de Chimie minérale* de P. Pascal, **1**, p. 512.

([7]) P. Job, M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1043; M. et R. Freymann et P. Rumpf, *J. Phys.*, **7**, 1936, p. 30; M. Freymann et J. P. Mathieu, *Bull. Soc. Chim. France*, **4**, 1937, p. 1297.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations en fonction du temps et sous l'influence des électrolytes de la viscosité des solutions colloïdales de sulfure d'arsenic.* Note M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Suzanne Thévenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

1. Nos recherches ont porté sur des sols très concentrés de sulfure d'arsenic préparés par l'action directe de l'hydrogène sulfuré sur une solution aqueuse d'anhydride arsénieux, saturée à l'ébullition; leur concentration variait suivant les échantillons entre 50^g et 60^g de S^3As^2 par litre.

2. Nous avons observé sur tous les échantillons une diminution très nette de la viscosité en fonction du temps à partir du moment où leur préparation est terminée, la viscosité tendant vers une limite d'autant plus rapidement que la température à laquelle le sol est maintenu est plus élevée. C'est ce que montrent les nombres du tableau suivant qui donne, pour un sol, renfermant $49^g,25$ de S^3As^2 par litre, les viscosités mesurées à 26° de divers prélèvements conservés respectivement à 9°, à 33° et à 70°.

Temps (jours).....	0.	3.	7.	16.	44.	67.	88.
9°............	1,116	1,111	1,105	»	1,083	1,076	1,069
33°............	1,116	1,109	1,103	1,084	1,069	1,062	1,051
70°............	1,116	1,069	1,055	1,038	1,033	1,026	»

3. Chakravarti et Dhar (¹) ont signalé qu'en présence d'un électrolyte sous des concentrations croissantes, la viscosité d'un sol de S^3As^2 va d'abord en diminuant, passe par un minimum pour une certaine concentration de l'électrolyte et augmente ensuite de plus en plus jusqu'à ce que soit atteinte la concentration pour laquelle l'évolution déterminée dans le sol en entraîne la floculation. Nous avons repris ces recherches afin de préciser l'influence de la nature des ions électrolytiques sur le phénomène : à 10^{cm^3} du sol initial on ajoutait $0^{cm^3},5$ d'une solution électrolytique de concentration convenable et l'on comparait la durée d'écoulement θ du mélange ainsi réalisé, à la durée d'écoulement θ_1 du mélange obtenu en ajoutant $0^{cm^3},5$ d'eau à 10^{cm^3} du sol initial, de manière à obtenir la viscosité relative η/η_1 du sol contenant l'électrolyte par rapport au sol de même concentration en S^3As^2, mais ne contenant pas d'électrolyte. Les expériences ont été faites

(¹) D. N. Chakravarti et N. R. Dhar, *Kolloïd Zeitschr.*, **42**, 1927, p. 124.

sur un sol contenant 50g,3 de S^3As^2 par litre et dont la viscosité η/η_0 par rapport à l'eau était 1,125 à 26°,

Afin de déterminer l'influence des cathions, nous avons tout d'abord comparé les chlorures des divers cathions. Nous avons ainsi constaté très nettement : 1° que le minimum de viscosité est obtenu pour des concentrations (en équivalent-grammes par litre) d'autant plus faibles que la valence du cathion est plus grande; 2° que l'abaissement minimum de viscosité diminue à mesure que croît cette valence. Nous donnons seulement ci-dessous les valeurs relatives aux chlorures de potassium, baryum, aluminium et thorium.

ClK.		Cl^2Ba.		Cl^3Al.		Cl^4Th.	
c.	$\frac{\eta}{\eta_1}$.	c.	$\frac{\eta}{\eta_1}$.	c.	$\frac{\eta}{\eta_1}$.	c.	$\frac{\eta}{\eta_1}$.
0	1	0	1	0	1	0	1
2,38.10⁻³ N	0,953	0,24.10⁻³ N	0,982	0,023.10⁻³ N	0,981	0,023.10⁻³ N	0,997
4,76 »	0,930	0,35 »	0,971	0,035 »	0,985	0,047 »	0,993
6,35 »	0,935	0,47 »	1,009	0,063 »	1,003	0,063 »	0,985
9,52 »	0,967	0,63 »	1,032	0,095 »	1,021	0,095 »	0,996
11,90 »	1,138	0,95 »	1,273	0,238 »	1,121	0,470 »	1,240

Les expériences faites sur les divers sels de potassium ne révèlent pas une influence nette de l'anion, sauf dans le cas d'électrolytes basiques comme OHK et PO^4K^3 pour lesquels la viscosité du sol va en diminuant constamment à mesure que croît la concentration, ce qui s'explique par la dissolution progressive des micelles de S^3As^2.

4. En comparant sur un même sol 1° les valeurs du minimum de la viscosité obtenu par addition des divers électrolytes sous des doses convenables, 2° la valeur limite vers laquelle tend la viscosité par évolution spontanée du sol en fonction du temps, soit à 9°, soit à 33°, on constate que l'addition d'un électrolyte monovalent sous la dose qui correspond au minimum de la courbe des viscosités en fonction des concentrations électrolytiques produit sur la viscosité du sol un abaissement comparable à celui qui s'établit spontanément dans le sol comme limite de l'évolution dont il est le siège : l'addition d'un électrolyte à cathion monovalent semble avoir pour effet de rendre instantanée une évolution qui, en l'absence de tout électrolyte, se produit au bout d'un temps très long, d'autant plus long que la température à laquelle le sol a été maintenu est plus basse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure des corps colorés dans le visible d'après leur spectre d'absorption.* Note de Mme **Ramart-Lucas**, présentée par M. Georges Urbain.

De nombreuses théories (existence de groupes tels que le groupe quinonique, valences de sortes particulières telles que la valence carbonium, isomérie dynamique, etc.) ont été proposées afin d'expliquer la propriété que possèdent certains corps (et en particulier les *matières colorantes*) d'absorber diverses radiations visibles. Les controverses poursuivies à cet égard depuis plus d'un demi-siècle montrent assez que ces théories ne sont ni suffisantes ni générales.

J'ai pensé que la connaissance des relations entre la structure des corps organiques et leur absorption dans l'ultraviolet doit permettre de considérer le phénomène sous un jour très différent, et non seulement d'expliquer l'apparition de la couleur dans le visible, cela en ne faisant appel qu'à la théorie classique de l'absorption, mais aussi de prévoir les variations d'absorption qui doivent accompagner les changements de structure des corps colorés dans le visible.

Tout d'abord j'ai soumis au contrôle expérimental l'hypothèse suivant laquelle les règles établies [1] concernant les relations entre la structure des corps organiques et leur spectre ultraviolet sont valables pour leur spectre visible. Je l'ai fait particulièrement pour les règles qui concernent l'influence mutuelle qu'exercent deux chromophores suivant leur distance respective sur la chaîne carbonée, ainsi que l'effet produit par la substitution à l'azote et à l'oxygène (alcoylation, acidylation). L'expérience a confirmé cette hypothèse.

J'avais insisté, lors de l'étude des spectres ultraviolets, sur ce que l'absorption que deux chromophores communiquent, à une molécule dans laquelle ils se trouvent engagés, est tout à fait différente suivant qu'ils sont séparés par au moins un carbone ou bien liés directement. Dans le premier cas l'absorption qu'ils introduisent dans la molécule est sensiblement la somme de leurs absorptions *limites*, dans le second cas elle se montre en général très différente. Le groupe formé par ces deux chromophores soudés l'un à

---

(1) Mme Ramart-Lucas, *Traité de Chimie organique*, publié sous la direction de V. Grignard, t. II, p. 67 à 74.

l'autre peut être considéré comme un *chromophore unique d'une complexité plus élevée*, auquel s'appliquent toutes les règles observées dans le cas des chromophores simples.

Or cette influence mutuelle ou *couplage*, dont la signification physique a été élucidée en s'appuyant sur la théorie classique de l'absorption ([2]), a le plus souvent pour effet de déplacer fortement l'absorption vers les grandes longueurs d'onde (par exemple toutes les dicétones : $CH^3.CO.(CH^2)^{2+n}.CO.CH^3$ sont incolores dans le visible alors que le diacétyle $CH^3.CO.CO.CH^3$ est jaune).

On conçoit dès lors aisément comment, lorsque plusieurs chromophores sont liés directement, ils peuvent, par couplage, provoquer l'apparition de la couleur dans le visible, même s'ils sont par eux-mêmes transparents dans cette région du spectre.

Par ailleurs, le fait que ces chromophores en s'influençant mutuellement modifient leur absorption *limite*, permet de comprendre que, dans de tels groupes de chromophores, le comportement chimique de chacun d'eux va être modifié comme va être modifiée leur absorption.

C'est en m'appuyant sur de telles considérations que j'ai entrepris des recherches sur les relations entre la structure des colorants, leurs spectres d'absorption, et leur comportement chimique.

Cette étude, commencée dans la série de la phtaléine, de la fluorescéine et de leurs dérivés (éthers, esters, sels), et dont le détail sera prochainement publié, m'a déjà permis de mettre en évidence, par l'analyse spectrale, pour la première fois à ma connaissance, qu'il existe une fluorescéine incolore.

Les deux formes solides rouge et jaune de la fluorescéine auxquelles on attribue depuis plus de 50 ans, dans tous les traités de Chimie, la forme lactonique, donnent l'une et l'autre, dans un même solvant, des solutions qui ont, au moins approximativement, le même spectre. L'étude comparée de ces divers spectres révèle que ces solutions contiennent un mélange de deux formes en équilibre, en proportion variable suivant le solvant : une forme quinonique, colorée (et fluorescente) dans le visible, et une forme lactonique incolore (et non fluorescente) dans le visible. En solution alcoolique la forme colorée se trouve en quantité notable, alors qu'en solution éthérée, et à même concentration, elle est à peine décelable. Les courbes d'absorption (qui vont être publiées), comparées aux courbes d'absorp-

---

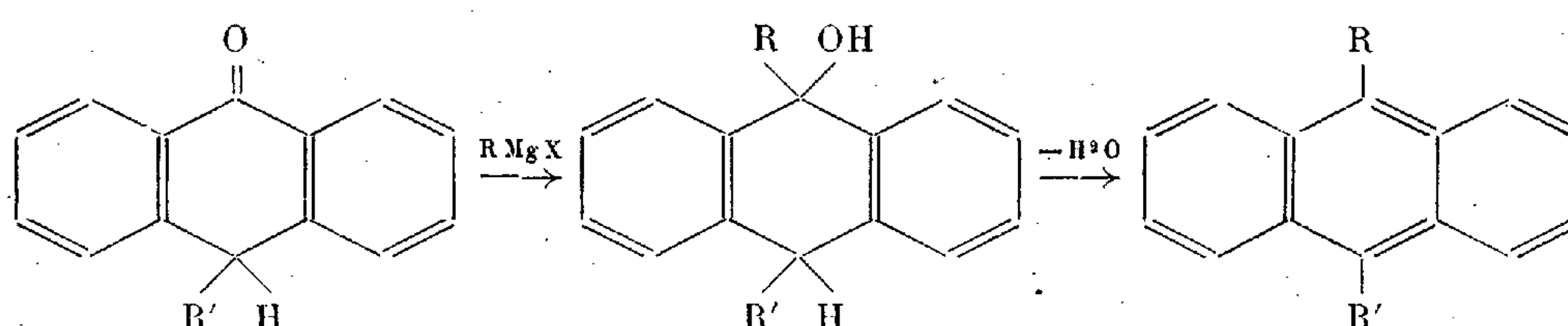
([2]) René Lucas, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1497.

tion de dérivés de la fluorescéine à structure connue, prouve que la forme colorée possède la structure quinonique et que la forme incolore possède la structure lactonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes anthracéniques dissociables; influence des groupes aliphatiques en méso.* Note de M. **Antoine Willemart**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a déjà étudié ([1]) la photooxydabilité et la dissociabilité des photooxydes de quelques hydrocarbures anthracéniques disubstitués en méso par divers radicaux dont au moins l'un était de nature aromatique.

La présente Note concerne l'extension de l'étude au cas d'hydrocarbures anthracéniques substitués en méso uniquement par des radicaux aliphatiques. Pour cela nous avons choisi : le méthyl-9 anthracène, l'éthyl-9.10 anthracène, le diméthyl-9.10 anthracène et le méthyl-9 éthyl-10 anthracène (non encore décrit : $C^{17}H^{16}$, fusion 144°). Ces hydrocarbures ont été préparés par l'action des magnésiens sur l'anthrone ou la méthyl-9 anthrone



La structure anthracénique de ces composés a été vérifiée par la détermination du spectre d'absorption en solution chloroformique dans la région ultraviolette voisine du visible. Comme dans le cas de l'anthracène luimême, on trouve un ensemble de quatre bandes d'absorption, dont les sommets correspondent aux longueurs d'onde suivantes :

Anthracène	3800 Å	3600 Å	3430 Å	3260 Å
Méthyl-9 anthracène	3900	3700	3500	3340
Éthyl-9 anthracène	3900	3700	3500	3340
Diméthyl-9.10 anthracène	4000	3800	3600	3440
Méthyl-9 éthyl-10 anthracène	4000	3800	3600	3440

([1]) Ch. Dufraisse et A. Étienne, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 280; A. Willemart, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1372.

En solution sulfocarbonique, sous l'influence de la lumière solaire, ces quatre corps sont capables d'absorber l'oxygène de l'air, molécule à molécule, pour donner des photooxydes de formules respectives $C^{15}H^{12}O^2$, $C^{16}H^{14}O^2$, $C^{16}H^{14}O^2$ et $C^{17}H^{16}O^2$.

Ces nouveaux photooxydes, soumis à l'action de la chaleur, se comportent d'une façon différente de ceux qui ont été expérimentés précédemment. En employant des conditions opératoires identiques (action progressive de la chaleur), nous n'avons jamais constaté de dégagement gazeux et, par conséquent, nous n'avons jamais pu obtenir une dissociation, même partielle, avec libération d'oxygène : les photooxydes, soumis à cette épreuve, fondent, se décomposent en partie et donnent un mélange complexe dont la nature véritable n'a pu être que partiellement élucidée.

Comme il était à prévoir, un chauffage brutal de ces photooxydes a produit une sorte de *craking* avec libération de gaz dans lesquels nous avons pu déceler l'oxygène : toutefois la quantité dégagée était toujours peu importante, à peine de l'ordre de 10 pour 100 de la quantité théorique dans les expériences les plus favorables.

Il résulte de cette étude que dans une molécule anthracénique des substituants aliphatiques en méso n'empêchent pas la photooxydabilité, mais que, par contre, la dissociabilité des photooxydes obtenus ne se manifeste plus à la façon habituelle. Il serait pourtant possible que la dissociation soit effectivement masquée par une oxydation concomitante de la matière qui absorberait ainsi la totalité de l'oxygène au fur et à mesure qu'il se libérerait. Cette explication serait d'ailleurs analogue à celle que nous avons suggérée dans le cas des décompositions thermiques des photooxydes de phényl-9 méthyl-10 anthracène et de phényl-9 éthyl-10 anthracène.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les illusions d'optique provoquées par un phare tournant.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Charles Fabry.

Me trouvant un soir sur une place, à 4^{km} du phare puissant installé, pendant l'Exposition, devant l'École de Guerre, tournant le dos à ce phare et levant les yeux, j'ai eu, sans y penser, l'impression très nette que les faisceaux qui balayaient le ciel provenaient d'un phare tournant à l'opposé du phare réel. D'autres personnes, invitées à se placer de la même manière, ont éprouvé, sans hésitation, la même impression.

Cette observation fait aussitôt songer au phénomène de l'*antiphare* décrit récemment par MM. Colange et Le Grand ([1]). Elle s'en distingue cependant par plusieurs points :

1° L'antiphare lui-même n'est pas visible. En se plaçant sur la terrasse très dégagée de l'Institut d'Optique il ne l'est pas davantage. Cela vient de ce que les faisceaux, au lieu d'être quasi horizontaux et de passer très près de la tête de l'observateur, comme c'était le cas pour les observations précitées, ont une forte inclinaison vers le haut. L'apparition du *point* antiphare, due à la rétro-diffusion, relativement intense dans une direction très voisine de celle du faisceau, ne peut donc se produire. Le faisceau, très visible au zénith, cesse par extinction au-dessus de l'horizon. L'impression reste cependant très nette qu'il émane d'un point non visible situé vers l'horizon, comme si un phare, caché par un rideau de brume, lançait des faisceaux inclinés, visibles seulement au-dessus de ce rideau. Les conditions précises indiquées comme étant nécessaires au phénomène de l'antiphare ne sont donc pas aussi rigoureuses quand il ne s'agit que de l'illusion sur le point de départ des faisceaux.

L'explication géométrique du phénomène a la même base évidemment que celle que donnent MM. Colange et Le Grand pour l'antiphare : le plan contenant le faisceau et l'œil de l'observateur, tourne autour de la droite qui joint celui-ci au phare. Si l'observateur ne voit pas le phare, si son jugement n'est pas influencé par le sens dans lequel le faisceau s'élargit et dans lequel sa brillance décroît, ce qui est le cas quand on est suffisamment loin du phare et qu'on voit rapidement passer le faisceau au voisinage du zénith, en tournant le dos au phare, il est clair que les sensations musculaires que l'observateur éprouve pour suivre le faisceau c'est-à-dire le mouvement du plan en question, sont exactement les mêmes que si ce faisceau émanait réellement de l'antiphare.

Cet élément physiologique me semble jouer dans la question un rôle essentiel. Il a une réalité objective plus certaine que le phénomène de perspective évoqué par MM. Colange et Le Grand. Ils considèrent, à partir de chaque point C du faisceau, une droite CD parallèle à la droite qui va du phare P à l'observateur O et disent : « l'observateur voit toujours les droites PC et CD dans le prolongement l'une de l'autre; or toutes les droites telles que CD paraissent diverger du point E à l'infini de la droite PO; il en sera donc de même pour le prolongement de tout rayon lumineux tel que PC ».

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1882.

On peut opposer à cette explication que rien ne rend visibles les droites CD en dehors du faisceau, qui, lui, ne va pas passer par le point E à l'infini. Mais si, en même temps que la tête tourne pour suivre la rotation du faisceau, les yeux tournent dans leurs orbites pour suivre le faisceau depuis le zénith jusque vers l'horizon, ce qui est la meilleure manière de créer l'illusion de l'antiphare virtuel, la sensation du plan passant par le faisceau et l'œil est créée ainsi que la rotation de ce plan autour de la droite PO, exactement comme si le phare était devant l'observateur, au loin sur cette droite PO.

Pourvu, bien entendu, que ne soit pas trop rapide l'extinction du faisceau, qui doit largement dépasser le zénith, les seules conditions atmosphériques dans lesquelles j'ai trouvé impossible l'illusion de l'antiphare virtuel sont celles où le faisceau s'arrête net sur des bancs de nuages, en en faisant voir les détails. Aucune illusion n'est alors possible sur l'origine de la tache éclairée qui tourne rapidement autour de l'observateur.

2° Tout ce qui précède s'applique, je le rappelle, au cas où l'observateur tourne le dos au phare. Si, au contraire, il se place de manière à regarder perpendiculairement à la ligne qui le joint au phare, *en fixant les yeux vers le zénith*, il se produit une autre illusion qui renforce d'ailleurs celle de l'antiphare : lorsque le faisceau, aperçu en *vision indirecte*, s'approche du zénith, il semble courbe, avec sa concavité vers le zénith. Dès qu'il a dépassé le zénith et s'en éloigne, sa concavité change de sens. Cela donne, dans une certaine mesure, l'impression qu'on voit deux faisceaux distincts venant l'un du phare et l'autre de l'antiphare virtuel, et constamment opposés l'un à l'autre. Bien entendu, dès qu'on cesse de fixer les yeux au zénith, cette illusion disparaît. Un autre observateur, invité à observer dans ces conditions, a éprouvé immédiatement la même impression sans qu'il eût été aucunement averti.

Bien que cette illusion renforce celle de l'antiphare virtuel, elle doit avoir, je pense, une autre origine. Elle doit être due à la courbure de la rétine et à la distorsion des images formées dans l'œil en vision indirecte. En effet l'illusion disparaît, ou s'atténue beaucoup, dès que l'on suit attentivement le faisceau dans son mouvement, au lieu de garder les yeux fixés vers le zénith. J'ajoute qu'il m'a semblé que la concavité apparente du faisceau vers le zénith était plus accentuée quand l'image s'en formait sur la partie de la rétine opposée à l'arcade sourcillière.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le mode de production des séismes. Répartition des compressions et dilatations.* Note (¹) de MM. **Edmond Rothé** et **Elie Peterschmitt**, présentée par M. Charles Maurain.

On sait que les ondes de compression et de dilatation se distinguent à l'arrivée dans une station par le premier impetus au séismographe vertical, ou par l'ensemble des deux composantes horizontales. Divers séismologues ont publié des statistiques des compressions et des dilatations dans leurs stations respectives. Cette Note a d'abord pour but de comparer la nature des ondes issues d'un même épicentre en diverses stations. Celles qui offrent le plus grand nombre de résultats relativement à des *épicentres lointains* déterminés par l'*International Seismological Summary* (jusqu'au 1er octobre 1931) sont celles d'Uccle et de Strasbourg. La comparaison conduit à une identité presque parfaite : sur 163 séismes, il n'y a que 3 divergences dont deux sont dues à des erreurs d'interprétation reconnues; une seule est douteuse et peut être attribuée à une anomalie. Bien que les données soient moins nombreuses, on est conduit à la même conclusion pour Hambourg, Kew et Stuttgart, si bien qu'on peut énoncer la règle suivante : *Les stations de l'Europe occidentale donnent toutes en général la même nature du premier impetus pour un séisme d'épicentre très éloigné.*

La comparaison entre les stations de l'Europe occidentale et celle de Sverdlovsk conduit à la même nature d'impetus pour la presque totalité des séismes, sauf pour ceux qui ont leurs foyers dans la Méditerranée et l'Asie Mineure. Entre le groupe de stations Strasbourg-Uccle d'une part et Zi-ka-weï (Chang-haï) d'autre part, très distantes l'une de l'autre, il existe de nombreuses divergences : les théories japonaises actuelles permettent d'expliquer tous ces faits d'une manière simple.

La répartition du sens du premier impetus autour de l'épicentre n'est pas quelconque : les régions du globe atteintes par les impulsions d'un certain sens sont nettement délimitées par des lignes nodales, c'est-à-dire le long desquelles on n'observe pas de mouvement. Les savants japonais Ishimoto (²) et Hazegawa (³) envisagent deux mécanismes de production d'ondes par failles : *a.* mouvement brusque analogue à celui de la séparation de deux

(¹) Séance du 3 novembre 1937.

(²) *Bull. of the Earthquake Research Institute*, 10, 1932, p. 449.

(³) *Gerl. Beitr. zur Geoph.*, 27, 1930, p. 102.

plateaux parallèles dans la direction perpendiculaire à leur plan; *b*. glissement relatif de deux portions d'écorce. D'après la théorie de Ishimoto, les lignes nodales au voisinage de l'épicentre seraient les sections de la surface terrestre par un cône de révolution ayant l'hypocentre pour sommet; en première approximation ce seraient des coniques, fait particulièrement net dans le cas des séismes à foyer profond. Hazegawa, en se basant sur la théorie de l'élasticité, démontre qu'à grande distance les lignes nodales sont les sections de la surface du globe avec deux plans rectangulaires et par conséquent sont deux grands cercles rectangulaires passant par l'épicentre, et la répartition des compressions et dilatations se fait en quatre quadrants. Suivant leurs emplacements par rapport à l'épicentre les stations enregistreront pour un même séisme soit le même signe, soit des signes contraires. En faisant tourner autour de l'épicentre le système des deux cercles rectangulaires on trouve aisément la direction des lignes nodales répondant le mieux à la distribution connue des compressions et dilatations : ainsi, pour les séismes japonais, la comparaison entre Zi-ka-weï et les stations européennes nous a montré que les meilleures directions sont voisines du méridien passant par l'épicentre et sa perpendiculaire. D'après la théorie, les failles en jeu seraient dirigées à 45° et l'on retrouve sensiblement ainsi la direction du grand plissement japonais. De nombreux cas ont été passés en revue.

L'examen de la répartition géographique des séismes conduit à d'intéressantes remarques; la carte de M. Somville a été complétée jusqu'en 1931 : à Uccle, le Mexique, l'Océan Atlantique, l'Asie centrale, le Japon moyen, les îles Aléoutiennes et l'Alaska offrent des compressions. Des dilatations sont au contraire fournies en général par l'Amérique du Sud (Cordillère des Andes à part), Canada, Mer Égée, Asie Mineure, Mer d'Okhotsk. Le territoire du Japon donne en général des compressions, tandis que les épicentres marins voisins fournissent des dilatations. On peut donc parler d'une véritable répartition géographique. En résumé : dans une région donnée, le mode de production du séisme est en général le même et les forces agissantes ont une direction sensiblement constante en rapport avec la géologie et la direction des grands plissements de la région intéressée.

BOTANIQUE. — *Échange des graines de* Lepidium sativum *entre milieux à températures différentes*. Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Marin Molliard.

Les trois groupes d'expériences que je poursuis avec le *Lepidium sativum* soumis à des températures différentes m'ont amené, cette année, à constater des faits intéressants parmi lesquels je crois utile de signaler les suivants.

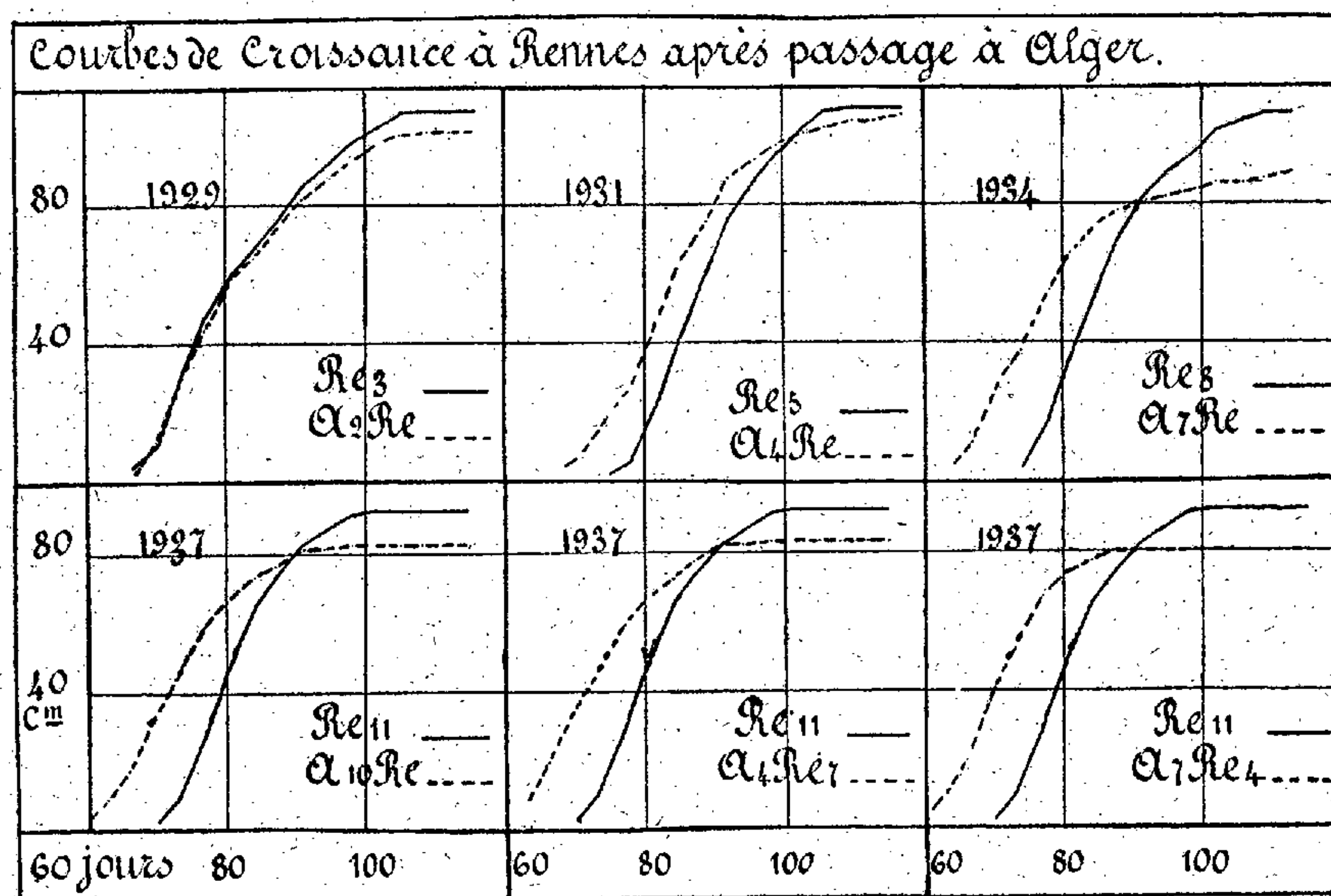
Dans le premier groupe, cultures simultanées sous châssis et en plein air, je relève que la précocité, acquise par la vie sous châssis et manifestée ensuite en plein air, se conserve encore en 16ᵉ génération à Rennes, à Rothamsted, à Marseille et à Alger, après la vie sous châssis à Rennes. La durée de l'hérédité atteint donc 16 générations en 1937.

Dans le second groupe, cultures simultanées en plein air à Rothamsted, Rennes, Marseille et Alger, l'échange des graines entre ces stations donne des plantes dont la croissance relative présente des variations complexes d'où il est, en ce moment, assez difficile de tirer des notions précises sur l'influence de cet échange entre stations à températures différentes. Je me bornerai donc, dans cette Note, à citer des faits saillants dans les cultures de Rennes après passage à Alger, faits déjà signalés en partie dans des Notes antérieures et particulièrement en 1936 [1], et auxquels je reviens en y ajoutant quelque chose de ce que m'ont apporté les expériences de 1937.

Le tableau ci-joint résume ce que je désire faire connaître. Il y figure des courbes de croissance des cultures opposées 2 par 2, de 1929, 1931, 1934, 1937 et qui sont désignées conformément à la formule biologique $A_m Re_n$, où A et Re sont les initiales des stations, A pour Alger, Re pour Rennes, disposées en ordre chronologique de culture, et où les indices m et n rappellent le nombre de générations pendant lesquelles les plantes ont vécu à la station correspondante. On voit, dans la rangée supérieure, que les graines des plantes ayant vécu pendant quelques générations, m, à Alger, semées ensuite à Rennes, y produisent des plantes précoces par rapport à celles qui ont toujours vécu à Rennes, quand $m = 4$ ou $m = 7$. Je puis même dire que la précocité se manifeste déjà quand $m = 3$, en 1930.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 635.

De plus il apparaît que la précocité s'accentue quand m augmente, il y aurait progression. Cependant remarquons que quand $m = 10$, cette précocité paraît un peu moins marquée que quand $m = 7$. On pourrait imaginer une progression jusqu'à un certain maximum de m suivi d'une stabilisation avec des variations qui seraient à étudier avant de pouvoir conclure. Un autre point de vue est mis en lumière par la comparaison des courbes des 4 compartiments de la droite du tableau. Les graines de A_7, semées à Rennes en 1934, y donnent des plantes A_7Re précoces par rapport aux plantes ayant toujours vécu à Rennes, Re_8, et les graines de ces plantes, semées encore à Rennes pendant plusieurs générations, produisent successivement des plantes encore précoces en 4e génération comme le montrent les cultures A_7Re_4 et Re_{11} de 1937. De même pour les graines de A_4 qui, en 1931, donnent les plantes A_4Re dont la précocité se conserve jusqu'en 1937, en 7e génération de Rennes dans les plantes A_4Re_7. Je puis même ajouter que les graines de A_3 ont donné, en 1937, des plantes A_3Re_8, en 8e génération à Rennes encore précoces par rapport aux plantes Re_{11}.



Dans le troisième groupe se trouvent des cultures successives faites à la même station, Rennes, avec des semis en mars dans un milieu moins chaud que je désigne par B, et en mai dans un milieu plus chaud que je désigne par A.

En 1937 les semis ont été faits le 9 mars en B et le 5 mai en A. Les graines semées provenaient de plantes A_4 et B_4 ayant déjà vécu pendant quatre générations dans les milieux respectifs. Ces graines ont donné : dans le milieu A, les plantes $A_4 + A = A_5$ et B_4A; et dans le milieu B, les plantes A_4B et $B_4 + B = B_5$. En comparant les courbes de croissance construites avec les mesures successives de la taille prise deux fois par semaine, on voit que :

1° la vitesse de croissance est bien plus grande en A_5 qu'en B_5, ce qui n'est pas fait pour surprendre;

2° cette vitesse de croissance paraît un peu plus grande en A_4B qu'en B_5 et en A_5 qu'en B_4A.

Les graines gardent donc le souvenir de la vie en A et le manifestent dans les plantes A_5 du milieu A, comme dans les plantes A_4B du milieu B.

Nous avons ainsi, en 1937, l'amorce de la précocité après passage de quatre générations en A.

Pour écarter une des critiques qui peuvent être présentées contre l'interprétation de ces expériences, disons que toutes les plantes du troisième groupe provenaient des graines d'un seul et même pied, donc d'une seule graine.

BOTANIQUE. — *Remarques sur l'ontogénie comparée des Phanérogames vivantes et fossiles.* Note [1] de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'ontogénie des plantules de Phanérogames obéit aux règles suivantes, annoncées antérieurement [2], que nous formulons ici pour la première fois :

1° L'organisation interne des plantules est due essentiellement à des conditions d'ordre physiologique et d'ordre géométrique.

2° Chaque faisceau cotylédonaire primaire, *étant de petit calibre*, est le prolongement direct de l'extrémité d'un des coins ligneux centripètes de la radicule.

3° Les faisceaux foliaires (destinés aux premières feuilles), ayant au contraire besoin d'une grande quantité d'eau, sont composés exclusivement

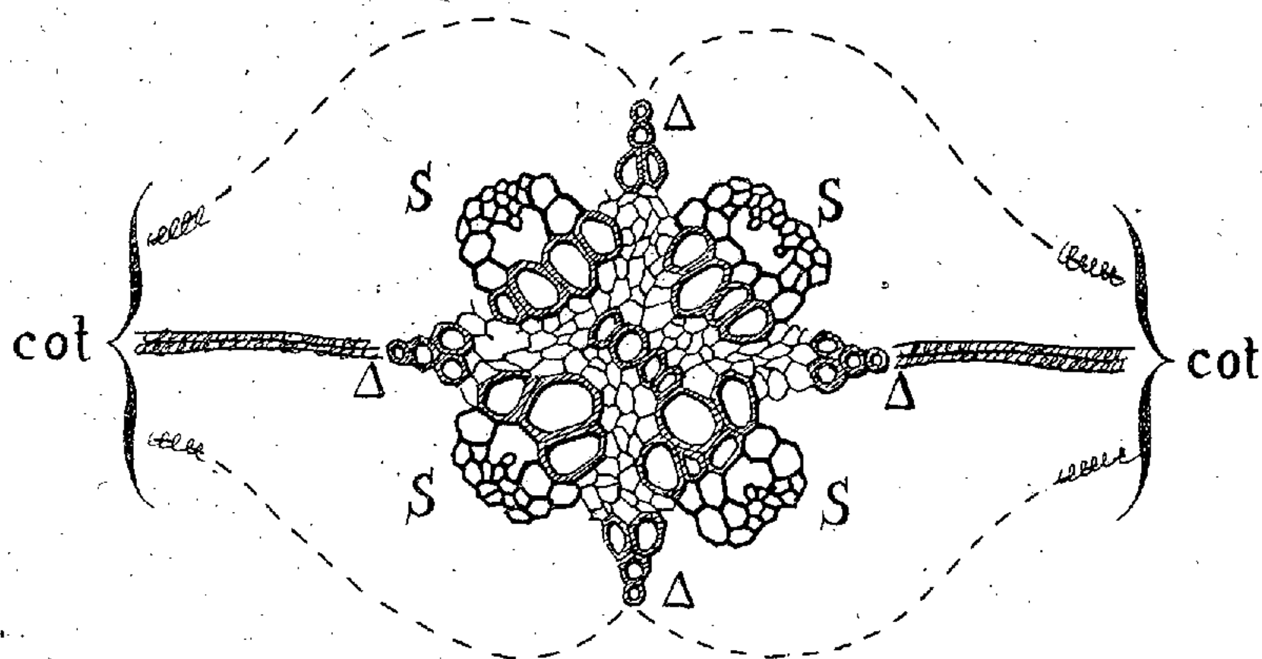
---

(1) Séance du 26 octobre 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 106 et p. 465.

d'éléments plus gros de métaxylème. De plus, le faisceau libérien qui accompagne chacun d'eux est le prolongement direct de tout ou partie d'un massif libérien de la radicule. Pour cette double raison, les faisceaux foliaires alternent régulièrement avec les pôles trachéens de la radicule [*Ceratozamia*, Dorety (1908), *Tradescantia*, *Urtica*, Gravis (1898, 1885), *Cryptomeria*, *Tapeinochilus*, *Iberis*, Chauveaud (1911, 1921)].

Connaissant l'ontogénie des plantules de Cycadées, de Conifères, de



Reconstruction de l'organisation interne de la plantule du Lyginopteris oldhamia.

On voit que toute la partie antérieure de chacun des faisceaux S est le prolongement direct des grosses trachéides constituant l'une des faces du carré central. Δ, Δ, les 4 pôles trachéens de la radicule; S, S, 4 faisceaux sympodaires mésarches, dont un en voie de dédoublement; *cot*, faisceaux primitifs, destinés aux cotylédons.

N. B. — Pour simplifier, on n'a représenté ni le liber, ni le manchon de bois secondaire. Le procédé de figuration, employé ici, consiste à prendre comme plan principal de référence la section transversale passant par le milieu de l'axe hypocotylé et à projeter sur ce plan la section basilaire (radicule) et la section supérieure prise au niveau du nœud cotylédonaire. Le dessin représente donc en réalité 3 sections transversales superposées. Ce procédé permet de se représenter l'allure dans l'espace de tout le système vasculaire de la plantule. De plus, il est applicable croyons-nous, à toutes les plantules de Phanérogames.

Monocotylées, de Dicotylées, et possédant l'explication correcte de leur organisation, il est possible de décrire l'ontogénie du *Lyginopteris* presque aussi facilement que celle d'une plante actuelle.

Chez le *Lyginopteris* la plantule était probablement dicotylée et la radicule quadripolaire. Il y a tout lieu de penser que ces deux conditions étaient remplies, puisque dans tous les groupes voisins (Cycadales, Bennettitales, Gnétales, etc.) les embryons sont dicotylés et que, d'autre part, les petites racines du *Lyginopteris* sont fréquemment quadripolaires. Les

cotylédons étaient insérés chacun en face d'un pôle, qui leur envoyait un petit faisceau médian; ils pouvaient recevoir, en outre, un petit faisceau latéral de chacun des pôles intercotylédonaires (cf. *Ceratozamia, Zamia, Dioon,* Dorety, Matte, Thiessen).

Sur chacune des faces du massif protostélique quadrangulaire situé vers le bas de l'hypocotyle, s'insérait l'un des faisceaux sympodaires à structure mésarche. Par dédoublement d'un de ces faisceaux un peu plus haut, on réalise enfin les cinq faisceaux réparateurs caractéristiques de la tige du *Lyginopteris*, faisceaux qui donnent naissance à toutes les traces foliaires. Il convient de remarquer que l'insertion des faisceaux sympodaires mésarches en alternance avec les pôles de la radicule aura toujours lieu de cette manière, même si la plantule avait plus de 2 cotylédons et même si la radicule avait 3 ou 5 pôles au lieu de 4.

Conclusions. — L'interprétation correcte de l'organisation des plantules des Phanérogames vivantes permet de reconstituer, avec une exactitude très suffisante pour nos besoins, l'organisation des plantules de toutes les Phanérogames fossiles, à la condition que l'on possède une bonne section transversale de la tige et quelques indications sur la structure de la racine.

Remarques sur la Note précédente de M. Paul Bertrand, par M. Louis Blaringhem.

Les études de M. Paul Bertrand et de ses collaborateurs, dont M. P. Corsin, nous obligent à modifier les idées courantes sur l'évolution des plantes à fleurs. Elles font partie d'un ensemble parfaitement esquissé dès le Dévonien, et leur représentation doit être non pas un arbre généalogique avec un tronc, des branches et des ramures, mais une souche commune diffuse, telle la masse des rhizômes des Bambous d'où s'élèvent, se maintiennent, ou s'évanouissent les séries parallèles et indépendantes offrant les caractères d'ordres, de classes, d'embranchements qu'on leur attribue dans la série des affinités des êtres vivants. Cycadées, Conifères, Dicotylées, Monocotylées se présentent comme les différentes classes de Filicales, parfaitement définies par leur vascularisation, et l'on pourrait ajouter par leur chimisme particulier, dans les témoins fossiles qui ont préparé la végétation houillière.

Au point de vue de la Génétique, les travaux de M. Paul Bertrand et de ses émules complètent les affirmations si originales, mais peu ajustées à nos conceptions courantes, de Bunzo Hayata ([3]).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La structure granulaire des chloroplastes : le* stroma. Note de M. **Jean Beauverie**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons attiré l'attention ([1]) sur cette structure et étudié les *grana*. Ces derniers sont supportés par un *stroma* qui fait l'objet de la présente Note. Ce stroma avait été reconnu par les anciens auteurs pour qui il était creusé de vacuoles vertes, mais il renfermait le pigment aussi bien que ces dernières. E. Heitz (1936), notamment, a établi qu'il est incolore. La difficulté de l'interprétation résulte de la réflexion de la lumière qui le fait généralement apparaître teinté. Aux preuves de Heitz nous ajouterons les indications que donnent des actions expérimentales ayant pour effet de dilater le stroma : les grana devenus évidemment périphériques découvrent le substratum nettement incolore. Pour cela, on peut faire agir l'eau distillée sur les chloroplastes, par exemple, de *Solanum tuberosum* ou d'*Asarum europaeum* : le stroma se vésiculise énormément (*fig.* 1 B), les grana sont refoulés en paquets à la périphérie et la masse dilatée du stroma se laisse voir nettement incolore. Si l'on fait agir sur une préparation de feuille de *Solanum* une solution d'oléate de sodium à 1 pour 100, on voit se former des hernies et déformations diverses du stroma qui se distingue alors nettement, à l'état incolore, des grana (*fig.* 1 A).

La substance fondamentale ou stroma n'est pas un réseau entourant des vacuoles vertes comme le croyaient Pringsheim (1881) et Schmitz (1884), c'est une masse à la surface de laquelle adhèrent les grana qui nous paraissent constituer une couche externe. Cependant, des préparations fixées et colorées pourraient accréditer l'ancienne hypothèse : Après fixation au Regaud, coloration à la fuchsine acide à chaud et différenciation à l'aurantia, nous avons vu en effet, chez *Solanum t.* et *Vitis v.* (*fig.* 2) le stroma constituer un réseau circonscrivant des alvéoles où s'incrustent les

([3]) *Comptes rendus*, 197, 1932, p. 462.

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 684.

Fig. 1.

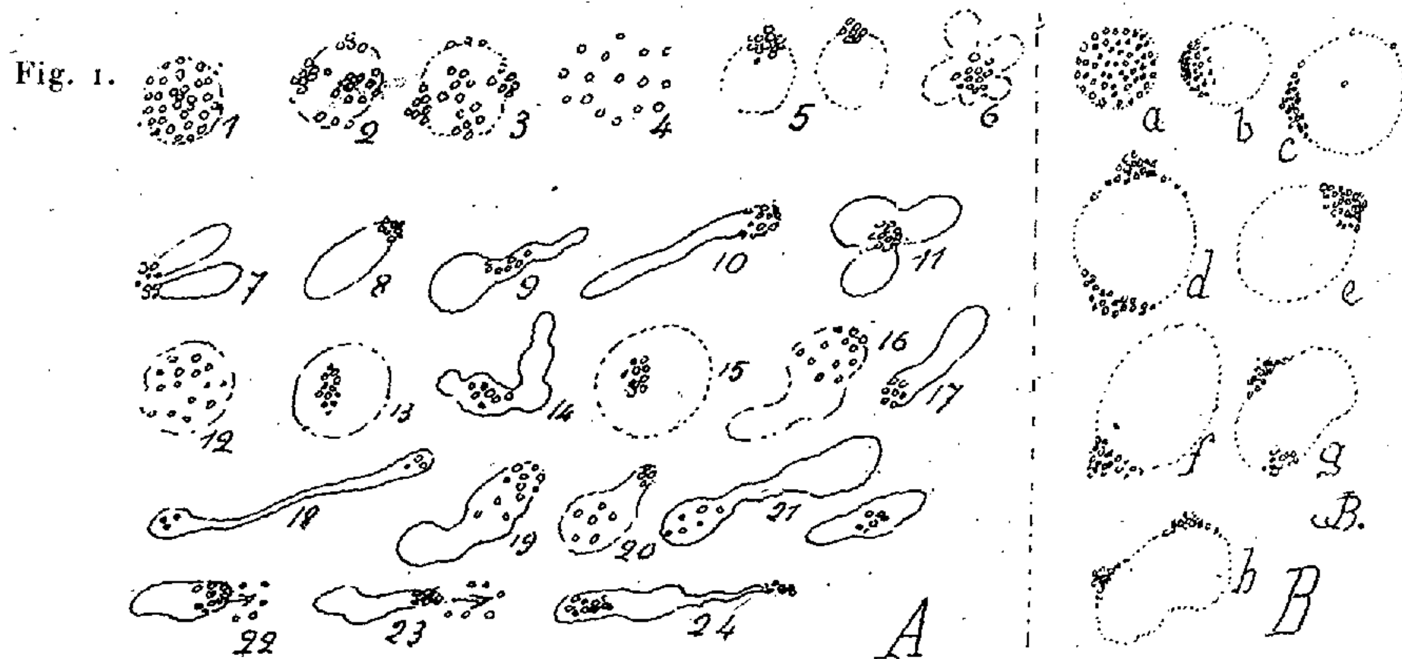


Fig. 2.

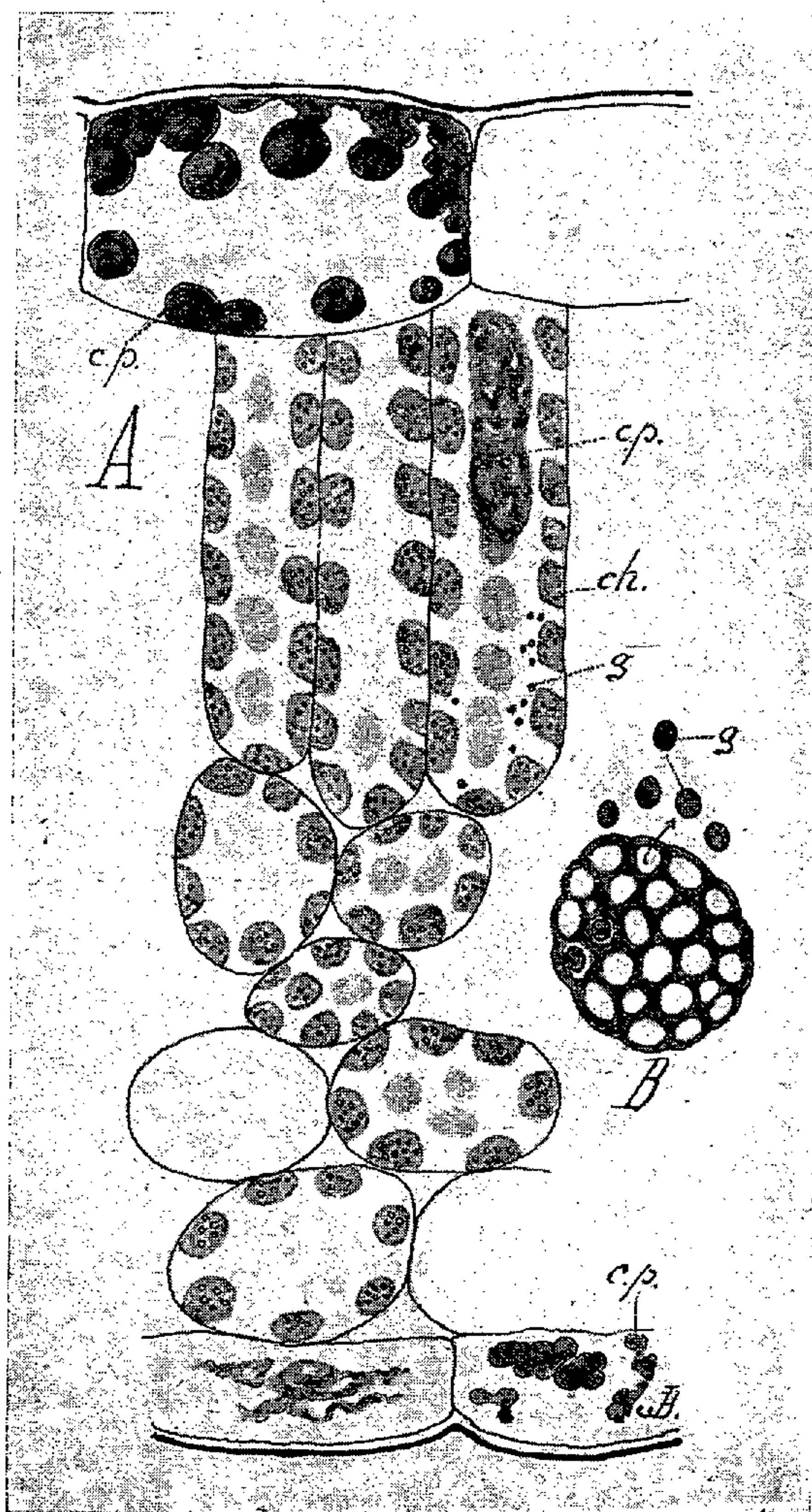


Fig. 3.

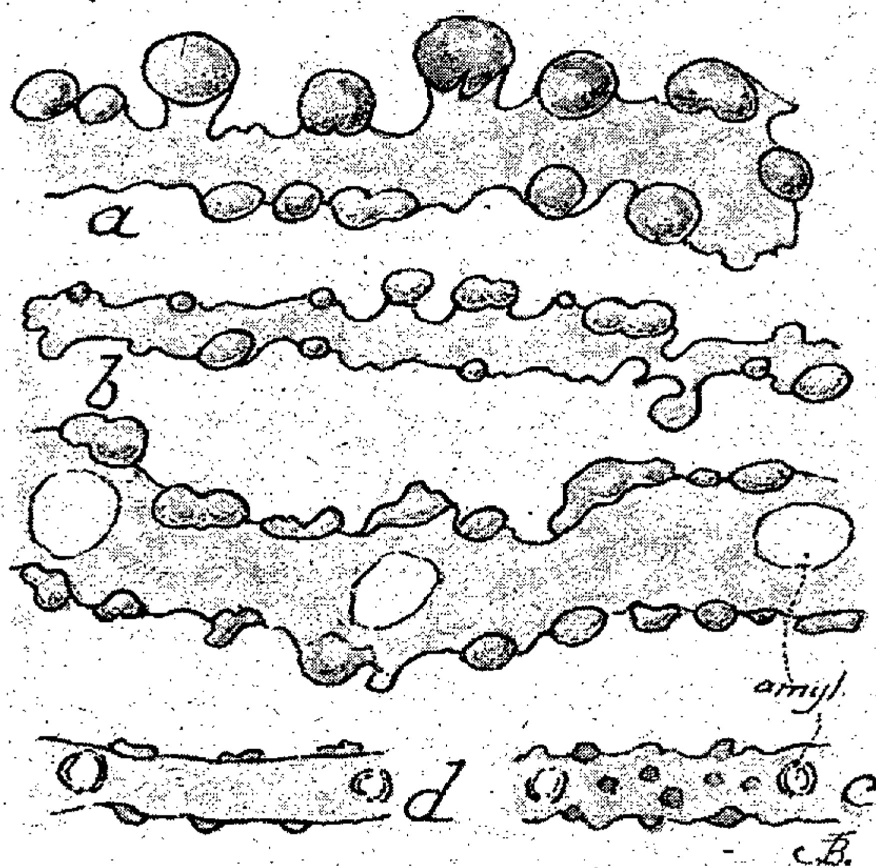


Fig. 1. — *Solanum tuberosum :* A, dans une solution d'oléate de sodium à 1 pour 100, hernies; B, dans l'eau distillée, vésicules.

Fig. 2. — *Vitis vinifera,* préparation fixée et colorée. En B, un chloroplaste plus grossi (dessin réduit pour l'impression).

Fig. 3. — Chromatophores de trois espèces de *Spirogyra.*

grana; ceux-ci se trouvent si bien individualisés qu'ils peuvent se détacher et s'isoler dans la préparation. Ces faits ne sont pas conformes aux données de l'observation vitale et répondent à un *artefact*. D'autre part, ces préparations mettent bien en évidence l'individualité des grana et du stroma. Le *réseau* est coloré en rouge comme les grana, indice de l'existence, dans les deux, de substances protéiques. On sait d'autre part que dans les deux, la lipophanérose fait apparaître, en outre, des granulations lipoïdes. Le stroma représente une phase très distincte dans l'état colloïdal de celle des grana. Ces derniers sont bien plus résistants : l'oléate de sodium qui produit les hernies du stroma de *Solanum* n'y affecte pas les grana; de même, pour la vésiculation par l'eau distillée (*Solanum*, *Bryonia*). La résistance varie beaucoup suivant les espèces.

Nous donnons à la fin de notre première Note la description schématique de la structure granulaire, dans le cas où elle est acquise, telle que nous la concevons. Nous traitons aussi de sa constance et de sa permanence. Nous essayons de montrer qu'elle résulte d'une différenciation évolutive. Rappelons à ce propos que si la structure granulaire manque chez les Algues, le cas singulier de *Spirogyra* permet de concevoir comment a pu s'effectuer la séparation d'un stroma et de corps chlorophylliens : sous certaines conditions, on peut voir le pigment se séparer de la bandelette pour occuper les sommets des lobes où il forme des corpuscules verts bien distincts au fur et à mesure que le ruban se décolore (*fig.* 3); il semble que se trouve ainsi réalisée la séparation de grana et d'un stroma.

Nous avons montré aussi comment l'étude expérimentale des chromatophores de Renoncules prépare à la conception de la structure granulaire [2].

PHYSIOLOGIE. — *Le rachitisme expérimental chez le cobaye.*
Note de Mlle **Lise Emerique**, présentée par M. Maurice Javillier.

J'ai eu l'occasion de montrer que, parmi les équilibres alimentaires à réaliser, compte un certain équilibre entre vitamines A et D [1]. Mme Randoin

---

[2] Dans un Mémoire d'ensemble nous donnerons les détails, figures et indications bibliographiques nécessaires.

[1] L. Emerique, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1935, p. 612, et **18**, 1936, p. 384.

et M. Lecoq [2], cherchant à produire le rachitisme expérimental chez le cobaye, avaient observé que le défaut de vitamine D, joint à un déséquilibre du rapport phospho-calcique dans le régime, n'entraînait pas de lésions rachitiques vraies. J'ai pensé que l'on pourrait peut-être faire apparaître ces lésions en offrant au cobaye un régime riche en vitamine A.

Il paraissait d'ailleurs possible que chaque espèce animale exigeât un équilibre vitaminique propre, et l'on sait d'ailleurs qu'il est des espèces qui sont capables de synthétiser certaines vitamines.

J'ai utilisé le régime rachitigène 2965 de Steenbock et Black :

	g
Semoule de maïs	760
Gluten	200
NaCl	10
CO^3Ca	30

2$^{cm^3}$ de jus de citron sont donnés chaque jour à chaque animal. 100^g de ce régime renferment 1^g,26 de calcium et 0^g,145 de phosphore, soit un rapport $Ca/P = 8,7$.

Deux groupes d'animaux recevaient ce régime; l'un avait en outre à sa disposition de la cellulose (papier filtre) à titre d'aliment encombrant. Dans l'autre groupe, chaque animal recevait, à la place, 50^g d'épinards frais qui apportaient, entre autres choses, une ample provision de provitamine A. Dans ce cas et en raison de la teneur propre de l'épinard en P et en Ca, le rapport Ca/P s'établissait aux environs de 5,3.

Cette expérience, réalisée sur des animaux pesant de 185 à 250^g, a été, dans son résultat essentiel, analogue à celle de Mme Randoin et M. Lecoq puisque (et bien que les animaux recevant le régime comportant des épinards l'aient supporté pendant plus de deux mois) je n'ai réalisé de rachitisme vrai dans aucun des deux groupes de cobayes.

Mais il m'est apparu que cette expérience avait été faite avec des animaux trop âgés, chez lesquels l'ossification était déjà trop avancée; j'ai donc réalisé une même expérience sur des cobayes d'environ 100^g.

Ceux de ces animaux qui ont reçu le régime dépourvu d'épinards frais n'ont pas résisté et sont morts prématurément, les autres au contraire (4 animaux) ont tous eu une bonne croissance. Leur poids moyen est passé, au bout de 24 jours, de 100 à 160^g; *la radiographie faite à cette*

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 732.

date a montré des signes très nets de rachitisme chez tous ces animaux. A ce moment, j'ai donné à deux d'entre eux de la vitamine D (sous forme d'ergostérol irradié) et au bout de 7 jours, une nouvelle radiographie montra que les épiphyses étaient à nouveau normalement ossifiées.

Les clichés ci-joints en témoignent. Sur la figure 1 on voit, de gauche à

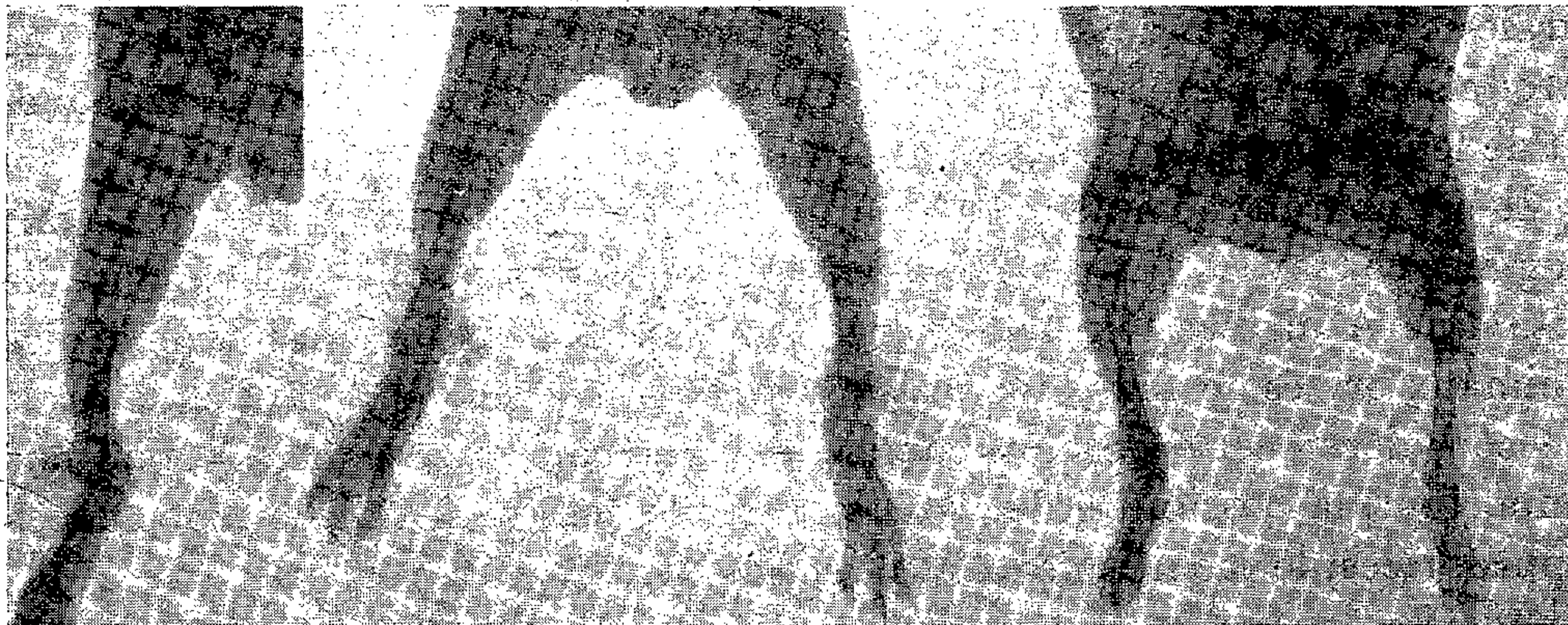


Fig. 1.

droite, un cobaye rachitique (au bout de 24 jours), puis le même animal guéri (après 7 jours de cure); la 3e radiographie est celle d'un autre cobaye,



Fig. 2.

rachitique lui aussi, mais n'ayant pas reçu de cure et servant par conséquent de témoin.

Les deux dernières photographies sont prises à la fois sur une même plaque de façon à en rendre l'interprétation plus évidente et à éliminer les doutes laissés par des temps de pose ou de développement différents.

C'est le cas aussi de la figure 2 qui correspond aux deux autres cobayes, celui de droite ayant reçu la vitamine D et l'autre non.

Il est donc possible de produire chez le cobaye des lésions rachitiques vraies comparables à celles que l'on obtient chez le rat. Ces lésions ne se produisent cependant qu'à condition d'opérer sur des animaux assez jeunes et de leur assurer une croissance normale par un régime approprié.

Il m'apparaît comme probable que, conformément à l'idée qui avait suggéré ce travail, la présence dans le régime d'une source abondante de vitamine A ait été l'une des causes du succès de cette épreuve; mais les animaux privés de végétaux verts n'ayant pas survécu, je n'ai pas le droit de considérer cette opinion comme démontrée. Reste donc, comme fait important, la possibilité de produire chez le cobaye, en des circonstances appropriées, le rachitisme expérimental.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Le thiazol, facteur de croissance pour* Polytoma ocellatum (*Chlamydomonadiné*). *Importance des constituants de l'aneurine pour les Flagellés Leucophytes.* Note (¹) de MM. **André Lwoff** et **Hisatake Dusi**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons recherché le rôle des constituants de l'aneurine pour la nutrition de trois souches de Chlamydomonadinés incolores, *Polytoma ocellatum* (souches I et II de Pringsheim) et *Polytoma* sp. (souche Provasoli). Nos expériences ont été réalisées dans le milieu à l'asparagine naturelle Roche, dont nous avons donné la formule (²), à $pH = 6,5$ pour *Polytoma ocellatum*, à $pH = 7,5$ pour *Polytoma* sp. Les trois souches étudiées se sont comportées de façon identique : cultures très pauvres dans le milieu à l'asparagine (1 à 8 Flagellés par millimètre cube), cultures très abondantes (plusieurs centaines de Flagellés par millimètre cube) et repiquages en série dans le même millieu additionné de thiazol : 4-méthyl-5-β-hydroxyéthyl thiazol (préparation synthétique de A. R. Todd).

(¹) Séance du 3 novembre 1937.

(²) A. Lwoff et H. Dusi, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 630 et 756.

Le thiazol est donc un facteur de croissance pour *Polytoma ocellatum* et *Polytoma* sp. Ces Flagellés se montrent incapables, comme *Polytomella cæca*, *Polytoma caudatum* var. *astigmata*, *Chilomonas paramæcium*, de réaliser la synthèse du thiazol ([2]). *Polytoma obtusum* et *Polytoma uvella*, qui se multiplient parfaitement, sans adjonction de thiazol, dans le milieu à l'asparagine, sont par contre capables d'effectuer cette synthèse. Rappelons que, pour toutes ces expériences, nous avons utilisé de l'asparagine naturelle non purifiée. Il est d'ores et déjà probable que des facteurs de croissance, actuellement à l'étude, autres que l'aneurine ou ses constituants, interviennent dans la nutrition des divers Leucophytes étudiés.

Nos résultats montrent que la pyrimidine et le thiazol jouent un rôle fondamental pour certains leucophytes appartenant aux familles des Chlamydomonadines, Polyblépharidées et Cryptomonadines. Nous nous sommes demandé si l'échec total des essais de culture des Eugléniens sans chlorophylle ou des Eugléniens à chlorophylle à l'obscurité dans des milieux synthétiques ([3]) ne tenait pas à la nécessité d'aneurine. Si l'on ensemence *Euglena gracilis* (souche cultivée depuis près de 9 années à l'obscurité en eau peptonée + acétate de sodium) dans le milieu à l'asparagine + acétate de sodium et dans ce même milieu additionné d'aneurine, on n'observe pas, durant les quinze premiers jours, de différence notable entre les deux séries de tubes. Mais entre le 18e et le 22e jour, la très grande majorité des flagellés, jusque-là mobiles, deviennent palmelloïdes et cessent de se multiplier dans les tubes sans aneurine, alors que la multiplication continue sous forme flagellée dans les tubes additionnés d'aneurine. Si, à partir d'un tube témoin, sans aneurine, on effectue un deuxième repiquage dans les mêmes conditions que le premier, on constate que les Euglènes ne se multiplient pas du tout sans aneurine, tandis que la culture est très abondante en présence d'aneurine. Nous ne savons pas encore si le thiazol seul peut remplacer l'aneurine ou bien si la pyrimidine est également nécessaire. Il nous paraît intéressant de constater qu'un Chlorophyte, cultivé à l'obscurité, privé expérimentalement de chlorophylle et incapable de photosynthèse, montre un besoin en facteur de croissance comparable à celui de certains Leucophytes naturels.

Mis en évidence pour la première fois par B. C. J. G. Knight pour les

---

([3]) A. Lwoff et H. Dusi, *in* A. Lwoff, *Recherches biochimiques sur la nutrition des Protozoaires*, Paris, 1932.

Bactéries, étendu par la suite aux Champignons par Schopfer et Yung, H. M. Sinclair et Werner et Schopfer, le rôle des constituants de l'aneurine se révèle aussi d'une importance fondamentale pour la nutrition de nombreux Flagellés Leucophytes.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 NOVEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Basile Eginitis**, professeur à l'Université d'Athènes, qui assiste à la séance.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur le coefficient de self-inductance d'un solénoïde.* Note de M. **Robert Esnault-Pelterie**.

Dans une précédente Note, j'ai indiqué deux formules empiriques donnant le coefficient de self-inductance d'un solénoïde avec une précision relative de 0,35 pour 100 pour l'une ([1]) et 1/2 millième pour l'autre. Cette coïncidence extraordinaire d'une formule très simple avec une formule exacte compliquée m'a incité à rechercher si elle n'était pas due à une cause profonde.

Désignant par x et y les rapports

$$x=\frac{D}{B}, \qquad y=\frac{L_{\text{réel}}}{L_{\text{lim}}}, \tag{1}$$

la formule de Lorenz ([2]) équivaut à

$$y=\frac{4}{3\pi}\left(\sqrt{x^2+1}\,\frac{K-E}{x^2}+\sqrt{x^2+1}\,.E-x\right)=f(x), \tag{2}$$

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 762. — *Errata* : page 763, ligne 2, et page 764, ligne 9, lire ± 0,35 pour 100 au lieu de ± 3 pour 100.

([2]) *U. S. A. Bureau of Standards, Formulas and Tables for the Calculation of mutual and self-induction,* by Rosa and Grover, Jan. 1-1911, p. 117, et *Scientific Papers of the Institute of physical and chemical-Research*, Tokyo, par Nagaoka et Sakuraï, Liv. de septembre 1927, p. 69-180.

où K et E désignent, suivant les notations usuelles, les intégrales elliptiques complètes

(3) $$K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dt}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 t}}, \qquad E = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 t}.dt$$

correspondant au module

(4) $$k = \frac{x}{\sqrt{x^2+1}} \qquad \left(\text{donc } x = \frac{k'}{k}\right).$$

Au voisinage de $x = 0$ (bobine infiniment longue), la fonction $f(x)$ est développable en série de puissances, dont il suffit, pour ce qui suit, d'écrire les trois premiers termes

(5) $$y = f(x) = 1 - \frac{4}{3\pi} x + \frac{1}{8} x^2 + \ldots;$$

la courbe représentative (F) part du point $x = 0$, $y = 1$, tangente à la droite d'équation

(6) $$y = 1 - \frac{4}{3\pi} x = 1 - 0,4244x,$$

en restant au-dessus de cette droite.

Pour les grandes valeurs de x (nous ne nous occupons pas ici de savoir si la formule s'applique aux bobines très plates), la fonction $f(x)$, qui demeure toujours positive, devient un infiniment petit qui peut s'écrire

(7) $$y = f(x) = (1 + \varepsilon) \frac{2}{\pi} \frac{1}{x} \text{Ln}\, x,$$

ε tendant vers zéro en même temps que $1/x$; la courbe (F) est donc asymptote à l'axe des x.

Les courbes indiquées dans ma précédente Communication s'écrivent

(8) $$y = g(x) = \frac{1}{a + bx};$$

quelles que soient les constantes positives a et b, ce sont des hyperboles équilatères dont la branche utilisée ($x \geqq 0$) est asymptote à Ox.

Il résulte de la relation

(9) $$\lim_{x \to \infty} \frac{g(x)}{f(x)} = \frac{\pi}{2} \lim_{x \to \infty} \left(\frac{1}{1+\varepsilon} \frac{x}{a + bx} \frac{1}{\text{Ln}\, x} \right) = 0,$$

qu'à partir d'une certaine valeur de x, toutes les courbes (G) se trouveront nécessairement au-dessous de la courbe (F).

Si l'on veut, comme je l'ai fait, remplacer la courbe (F) par une courbe (G) qui la suive le mieux possible, la première idée qui vient à l'esprit est de choisir (G) tangent à (F) au point de départ $x=0$, $y=1$, ce qui, d'après le développement

$$(10) \qquad y=g(x)=\frac{1}{a+bx}=\frac{1}{a}-\frac{b}{a^2}x+\frac{b^2}{a^3}x^2-\ldots,$$

donnera pour a et b les valeurs

$$(11) \qquad a=1, \qquad b=\frac{4}{3\pi}=0,4244;$$

le développement correspondant

$$(12) \qquad y=g(x)=\frac{1}{1+\left(\frac{4}{3\pi}\right)x}=1-0,4244x+0,1801x^2-\ldots$$

montre, puisque $0,1801>1/8$, que la courbe (G) commence par passer au-dessus de (F). Comme, d'autre part, il a été démontré qu'elle doit finir par passer au-dessous de (F), on peut penser que les deux courbes ne seront jamais très distantes l'une de l'autre.

Le calcul numérique montre que, de $x=0$ à $x=1,5$, la courbe (G) s'écarte graduellement de (F), le maximum d'écart, 2,6 pour 100, ayant lieu précisément pour $x=1,5$.

Pour diminuer cet écart, on peut, tout d'abord, conserver $a=1$ (ce qui revient à maintenir communes les origines des deux courbes) et augmenter graduellement l'inclinaison de la tangente à la courbe (G) en cette origine. La comparaison des valeurs numériques ainsi obtenues avec celles de Nagaoka et Sakuraï montre que la valeur de b la plus avantageuse se trouve au voisinage de $b=0,45$. Ainsi, quand x croît de 0 à 1,5, la courbe

$$(13) \qquad y=g(x)=\frac{1}{1+0,45.x}$$

ne s'écarte pas de la courbe (F) de plus de $\pm 0,35$ pour 100; le changement de signe de l'erreur a lieu sensiblement pour $x=0,7$.

En altérant à la fois les deux coefficients a et b, on peut ajuster encore mieux la courbe (G) sur la courbe (F); si l'on prend comme je l'ai fait, $a=0,9949$ et $b=0,4572$, l'erreur tombe, dans l'intervalle qui va de $x=0,20$ à $x=1,5$, presque constamment au-dessous du demi-millième, les deux courbes se traversant plusieurs fois.

Le succès de ma formule est donc la conséquence de la nature graphique

particulière de la courbe (F), qui permet, en quelque sorte, d'ajuster sur cette courbe une hyperbole équilatère dans un intervalle qui peut être considérable.

Remarque. — La souplesse de cet ajustage est tel qu'on peut mettre à profit le fait que π^2 est très voisin de 10, et écrire

$$L = \frac{10.D.n^2}{B/D + 0,48}, \tag{14}$$

avec une précision de ± 1 pour 100 entre $B/D = 20$ et $B/D = 2/3$, ou encore

$$L = \frac{10.D.n^2}{B/D + 0,475}, \tag{15}$$

avec une précision de $\pm 0,6$ pour 100 entre $B/D = 5$ et $B/D = 2/3$; le calcul du praticien paraît ainsi réduit au minimum possible, tout en conservant une précision largement suffisante dans la plupart des cas.

Si l'on voulait pourtant conserver une haute précision [du même ordre que celle donnée par la formule (7) de la précédente note], on pourrait écrire

$$L = \frac{10.D.n^2}{B/D + 0,46} \cdot 0,992,$$

qui est d'un calcul plus simple que ladite formule (7).

M. A. **Blondel** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *L'évolution des méthodes de calcul des phénomènes transitoires.*

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Bordeaux, pour la première ligne M. *Gilbert Rougier* réunit l'unanimité de 48 suffrages.

Pour la seconde ligne M. *Georges Meyer* obtient 42 suffrages; il y a 2 bulletins blancs et 2 bulletins nuls.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne................ M. **Gilbert Rougier**.
En seconde ligne................. M. **Georges Meyer**.

CORRESPONDANCE.

M. **Raoul Lecoq** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée en 1936 sur la *Fondation Villemot*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la croissance et la distribution des zéros de certaines fonctions entières d'ordre positif fini.* Note de M. **A. Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

Étant donné une fonction $f(x)$, d'ordre non entier ρ et du type moyen, cette fonction est, à l'exception d'un facteur exponentiel d'ordre inférieur à ρ, égale au produit canonique de Weierstrass formé à l'aide des zéros de $f(z)$. Donc l'indicateur de croissance

$$h(\varphi) = \limsup_{r \to \infty} \frac{1}{r^\rho} \log |f(re^{i\varphi})| \tag{1}$$

est déterminé par la distribution asymptotique de ces zéros. Cette distribution étant donnée, je me propose de calculer $h(\varphi)$. J'ai résolu ce problème pour le cas spécial où la limite

$$\lim_{r \to \infty} \frac{n(r, \varphi)}{r^\rho} = \mathrm{N}(\varphi)$$

existe dans tout l'intervalle $0 \leqq \varphi \leqq 2\pi$; $n(r, \varphi)$ désigne le nombre des zéros de $f(z)$ situés dans le secteur $0 \leqq \arg z < \varphi$, $0 \leqq |z| \leqq r$.

Je pars du lemme d'après lequel on a

$$\lim_{r \to \infty} \frac{1}{r^\rho} \log |\varpi(re^{i\varphi})| = \frac{\pi \mathrm{D}}{\sin \rho\pi} \cos \rho\varphi \qquad (|\varphi| < \pi),$$

pour chaque produit canonique $\varpi(z)$ dont les zéros sont situés sur l'axe réel négatif et satisfont à la condition

$$\lim_{r \to \infty} \frac{n(r)}{r^\rho} = \mathrm{D} \qquad (\rho \neq 0, 1, 2, \ldots), \tag{2}$$

et je démontre que la croissance d'un produit canonique $\varpi_\delta(z)$, dont les zéros sont situés dans l'angle $|\arg z - \pi| \leqq \delta$ et qui satisfont à la condi-

tion (2), s'approche d'autant plus de celle de $\varpi(z)$, que δ s'approche plus de zéro. Alors, en divisant le plan en un nombre suffisamment grand d'angles égaux et en appliquant cette proposition à chacun de ces angles, on trouve, par passage à la limite,

$$(3) \qquad h(\varphi) = \frac{\pi}{\sin \rho\pi} \int_0^{2\pi} \cos(\rho\pi - \rho\theta)\, d\mathrm{N}(\varphi + \theta) \qquad (|\varphi| < \pi),$$

$d\mathrm{N}(\varphi)$ étant prolongé périodiquement hors de l'intervalle $(0, 2\pi)$.

Il résulte, en outre, qu'exception faite d'un ensemble de mesure linéaire nulle dans l'intervalle $0 \leqq \pi < \infty$, la limite supérieure dans (1) doit être remplacée par la limite exacte.

La relation entre $\mathrm{N}(\varphi)$ et $h(\varphi)$, donnée par la formule (3), présente une interprétation géométrique simple. Considérons, à cet effet, l'enveloppe des droites

$$x\cos(\rho\varphi) + y\sin(\rho\varphi) - h(\varphi) = 0 \qquad (\varphi_1 < \varphi < \varphi_2),$$

et désignons la longueur de cet arc de courbe par $\mathcal{L}(\varphi_1, \varphi_2)$. Alors on trouve

$$\mathcal{L}(\varphi_1, \varphi_2) = 2\pi[\mathrm{N}(\varphi_2 - 0) - \mathrm{N}(\varphi_1 + 0)].$$

Ces méthodes peuvent être généralisées sans difficulté aux fonctions méromorphes et aux fonctions d'ordre précisé.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un critère de famille normale.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Paul Montel.

En employant les compléments au théorème de M. Bloch que j'avais signalés et utilisés ([1]), j'ai obtenu cet énoncé ([2]) :

I. *Les fonctions $f(z)$ qui sont holomorphes et qui ne s'annulent pas dans un domaine fini* D *forment une famille normale dans* D *si, k entier et* M *étant des nombres positifs donnés arbitraires, la dérivée d'ordre k de chaque fonction $f(z)$ de la famille a son module moindre que* M *aux points où $f(z)$ prend la valeur* 1.

Je vais montrer qu'on peut rattacher cette proposition à une théorie

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1825-1828.

([2]) La démonstration par cette méthode, qui est donnée dans un fascicule sous presse, pourrait être un peu simplifiée.

générale de M. Ahlfors, qui contient ce théorème ([3]) : *Donnons-nous arbitrairement quatre cercles finis extérieurs les uns aux autres dans le plan des Z. Si* $Z = g(z)$ *est une fonction holomorphe pour* $|z| < 1$ *et si sa fonction inverse* $z = G(Z)$, $|z| < 1$, *n'a pas de branche qui soit holomorphe dans l'un au moins des quatre cercles, on a* $|g(z)| < K[|g(o)|, |z|]$, *la fonction* K *ne dépendant que de la position relative des quatre cercles.*

On sait que, pour établir un énoncé tel que I, il suffit de prouver que

II. A, *m*, *k étant des nombres positifs arbitrairement donnés, k entier,* $A > 1$, *si la fonction* $f(z)$ *est holomorphe et ne s'annule pas dans le cercle* $|z| < 1$, *si* $|f(o)| < A$ *et si* $|f^{(k)}(z)| < m$ *aux points du cercle où* $f(z) = 1$, *on a, pour* $|z| < 1/4$, $|f(z)| < \Omega(A, m, k)$.

Pour le démontrer, considérons un rayon arbitraire, $\arg z = \text{const.}$, $|z| < 1/4$: ou bien on aura $|f(z)| < A$ sur tout ce rayon, ou bien il existera sur ce rayon un point z_0 tel que $|f(z_0)| = A$. Plaçons-nous dans ce second cas. La fonction $F(\zeta) = f(z_0 + 1/2\zeta)$, holomorphe et non nulle dans $|\zeta| < 1$, vérifie les conditions $|F(o)| = A$, $|F^{(k)}(\zeta')| < 2^{-k}m$, si $F(\zeta') = 1$; on peut l'écrire

$$F(\zeta) = A e^{i\lambda + g(\zeta)},$$

λ étant réel, $g(o) = o$. Si $\zeta = G(Z)$ est la fonction inverse de $Z = g(\zeta)$, $|\zeta| < 1$, on a

$$F^{(k)}(\zeta) = \frac{F(\zeta)}{G'(Z)^k}\left[1 + P_k\left(\frac{G''}{G'}, \frac{G'''}{G'}, \ldots, \frac{G^{(k)}}{G'}\right)\right],$$

P_k étant un polynome à coefficients numériques.

Il est impossible qu'une branche de $G(Z)$ soit holomorphe dans un cercle $|Z - i\mu| < B$ si μ est réel et si B est supérieur à $C = \pi + \log A$ et à une fonction convenable de *m* et *k*. Car l'équation $F = 1$ équivaut à

$$Z = (2\pi n - \lambda)i - \log A,$$

où *n* est un entier arbitraire, et cette équation est vérifiée en un point Z_1 du cercle considéré, la distance de Z_1 au centre $i\mu$ étant inférieure à C. La branche considérée de $G(Z)$ est univalente et de module moindre que 1 dans le cercle $|Z - Z_1| < B - C$, on a donc

$$(B - C)|G'(Z_1)| < 1, \qquad \left|\frac{G^{(q)}(Z_1)}{G'(Z_1)}\right| < e q\, q!\,(B - C)^{1-q}.$$

([3]) *Acta Societatis Scientiarum Fennicae*, 2, II, 1926, p. 1-17. M. Bloch a énoncé un théorème analogue, avec trois cercles seulement (*Mémorial des Sciences math.*, 20, 1926, p. 46).

Il s'ensuit que, si B est assez grand, le module de P_k au point Z_1 sera moindre que 1/2 et que l'on aura, contrairement à l'hypothèse,

$$|F^{(k)}(\zeta_1)| > \frac{1}{2}(B - C)^k > \frac{m}{2^k}, \qquad F(\zeta_1) = 1, \qquad \zeta_1 = G(Z_1).$$

Ayant montré qu'aucune branche de G(Z) ne peut être holomorphe dans un cercle $|Z - i\mu| < B$, quel que soit μ réel, il suffit de choisir quatre de ces cercles extérieurs les uns aux autres et d'appliquer le théorème d'Ahlfors, pour en déduire que $|g(\zeta)|$ est borné pour $|\zeta| < 1/2$ par un nombre qui ne dépend que de A, *m*, *k*. Ainsi, dans le second cas comme dans le premier, $|f(z)|$ est borné, sur un rayon arbitraire du cercle $z| < 1/4$, par une fonction de A, *m*, *k*. Le lemme II est établi. On pourrait expliciter la valeur de $\Omega(A, m, k)$.

On peut généraliser de diverses façons; par exemple :

III. *Les fonctions $f(z)$ holomorphes et qui ne s'annulent pas dans un domaine fini* D *y forment une famille normale si,* M *et le polynome* T *étant donnés, on a, pour chaque fonction de la famille,* $|T(f', f'', \ldots, f^{(k)})| < M$ *lorsque* $f = 1$ (⁴).

Dans un ordre d'idées voisin, le théorème de M. Ahlfors montre que si *a*, *b*, *c*, *d* sont donnés, finis et distincts, il existe un nombre $m(a, b, c, d)$ tel que les fonctions $f(z)$ holomorphes dans un domaine D et dont la dérivée première $f'(z)$ a son module inférieur à $m(a, b, c, d)$ lorsque $f(z)$ prend l'une quelconque des valeurs *a*, *b*, *c*, *d* forment une famille normale dans D.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude photométrique de la variable* BD — 1° 1004. Note [1] de M. **John Ellsworth**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. L'étoile BD — 1° 1004 a été reconnue variable par M. J. Dufay en 1929-1930 [2]. Il s'agit d'une double spectroscopique du type B3, dont l'orbite a été déterminée par J. S. Plaskett et W. E. Harper [3]. La période spectroscopique est $27^j,160$, l'excentricité $e = 0,76$; la ligne des apsides serait dans la direction du rayon visuel. Nous avons effectué sur

---

(⁴) On suppose que si l'on remplace dans T les indices de dérivation par des puissances, le terme de plus haut degré ne disparaît pas.

[1] Séance du 8 novembre 1937.

[2] *Journal des Observateurs*, 13, 1931, p. 144.

[3] *Astrophysical Journal*, 30, 1909, p. 373-382.

cette étoile un grand nombre de mesures photométriques visuelles et photographiques.

2. *Mesures visuelles* (1931-1935). — Elles sont au nombre de 349, faites avec un photomètre à œil de chat, utilisant l'étoile de comparaison ε Orionis. Les premières années d'observation montrent que les variations d'amplitude, inférieures à 0,5 magnitude, étaient continuelles et très rapides. Il était donc nécessaire de la suivre pendant des soirées entières. Les 140 observations faites ainsi du 22 novembre 1934 au 1er avril 1935 ont conduit à admettre la période $0^j,440230$, avec deux minima et deux maxima par période.

3. *Mesures photographiques* (1935-1937). — On photographie le champ de la variable au foyer d'un objectif Stenheil de 10^{cm} d'ouverture. Chaque cliché comporte une série de poses de durées croissantes (20, 30, 45, 68 secondes), qui servent à l'étalonnage, et 8 ou 10 poses de 30 ou 45 secondes. On mesure au microphotomètre de Fabry et Buisson les *densités globales* de toutes les images des étoiles BD — 1°1004 et BD — 1°935 en éclairant sur la plaque un cercle de diamètre un peu supérieur à celui de la plus grande image [3].

En portant en abscisses les logarithmes des temps de pose, en ordonnées les densités globales, on obtient deux courbes de noircissement sensiblement rectilignes, dont chacune correspond à l'une des deux étoiles. Ces deux courbes se déduisent l'une de l'autre par une translation parallèle à la ligne des abscisses; translation qui mesure le logarithme du rapport des temps de pose ($\log t_2/t_1$) nécessaires pour obtenir la même *densité globale* avec les deux étoiles d'éclat E_1 et E_2. On peut, dans la région d'exposition normale, appliquer la relation de Schwartzschild

$$E_1 t_1^p = E_2 t_2^p,$$

qui permet de calculer la différence de magnitude des deux étoiles par la formule

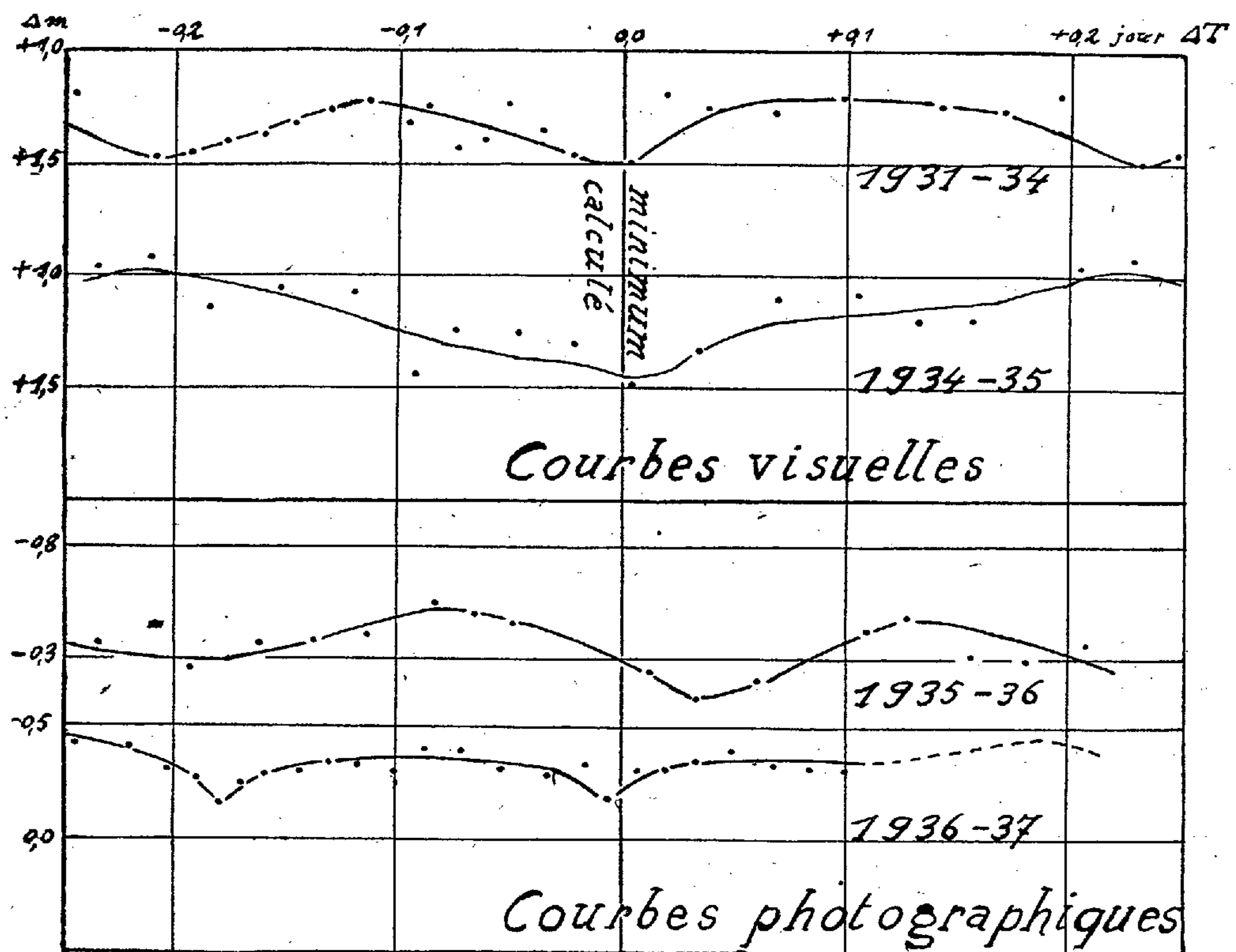
$$\Delta m = 2,5\, p \log \frac{t_2}{t_1}.$$

Des poses auxiliaires faites au laboratoire permettent de déterminer, à quelques centièmes près, le facteur p. Lorsque Δm est suffisamment petit, l'incertitude sur le facteur p est pratiquement sans importance ainsi, dans

(3) S. P. Liau, *Publications de l'Observatoire de Lyon*, 1, 1935, fasc. 13, p. 3-12.

le cas actuel, une erreur de 5 pour 100 sur p n'entraîne qu'une erreur de 0,02 magnitude sur Δm qui est en moyenne voisin de 0,4.

Nous avons effectué par cette méthode 228 observations sur 30 clichés du 29 décembre 1935 au 19 mars 1936, et 235 observations sur 24 clichés du 1er janvier au 15 février 1937. Elles confirment la période déduite des observations visuelles.



4. La discussion de l'ensemble des observations conduit à la formule suivante pour l'époque des minima principaux

$$\text{min.} = \text{J. J. } 2427764{,}5388 + 0{,}44023842\,E.$$

Les quatre courbes de lumière moyennes reproduites dans la figure ci-dessus (deux visuelles et deux photographiques) montrent que la forme de la courbe et son amplitude sont variables. Cette dernière pourrait varier de 0,2 à 0,5 magnitude. Les observations individuelles indiquent des déformations encore plus importantes d'une époque à l'autre.

Ainsi l'étoile BD — 1°1004 n'est probablement pas une variable à

éclipses. La période photométrique trouvée n'a d'ailleurs aucun rapport avec la période spectroscopique. L'une des deux composantes du système doit présenter des variations propres, comme dans le cas du système double visuel 13 Ceti. Les caractères de la variation : période très courte, amplitude faible, variations de la forme de la courbe de lumière, tendent à rapprocher cette étoile des variables du type β Cephei (spectre BI) qui appartiennent à la classe B.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Le passage de Mercure devant la couronne solaire.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le 11 mai 1937, la planète Mercure est passée tangentiellement au disque solaire pour le point du globe qui avait le Soleil au zénith.

L'observation de ce phénomène avec une simple lunette était réservée aux habitants de l'hémisphère Sud. Pour la région parisienne, Mercure restait extérieur au Soleil; il passait, par contre, devant les régions australes de la couronne intérieure, à moins de 3′ du bord solaire, pendant 5 heures environ, de $6^h 30^m$ à $11^h 30^m$. La plus courte distance des bords des deux astres était de 5″, elle avait lieu à $9^h 1^m$.

Nous avons profité de ces circonstances favorables pour essayer d'observer le disque de Mercure se projetant devant la couronne. L'expérience avait été tentée sans succès par de nombreux observateurs en plaine, avec des lunettes ordinaires qui diffusaient une quantité de lumière considérable; il était utile de la répéter dans de bien meilleures conditions.

Nous avons utilisé, à cet effet, notre coronographe de 20^{cm} d'ouverture [1] placé au Pic du Midi, le long de l'équatorial. Cet appareil était muni d'un disque de $37^{mm},8$ sur lequel se formait l'image du Soleil et qui débordait celle-ci de 20 secondes d'arc. L'image de ce disque, agrandie à 80^{mm} de diamètre, était projetée, soit dans un appareil de prise de vues cinématographiques utilisant du film de 35^{mm}, soit dans une chambre photographique permettant de faire six images de 60^{mm} de côté sur une plaque 13×18. Chacun de ces deux appareils était muni d'un miroir mobile et d'un oculaire qui permettaient d'observer l'image entre les poses.

Du 25 avril, début de notre séjour au Pic, jusqu'au 11 mai, le ciel est resté constamment couvert ou voilé de cirrus qui rendaient toute observation

---

(1) *L'Astronomie*, 51, mai 1937, p. 203.

de la couronne impossible. Le 11 mai, de 6^h à 9^h, pendant la première moitié du passage, l'Observatoire était au milieu des cumulus, il neigeait. De brèves éclaircies laissaient voir le Soleil par instant, à travers une couche dense de cirrus.

Renonçant à tourner un film dans ces conditions, nous avons installé la chambre photographique. Peu après, les cumulus se sont éloignés tandis que les cirrus se dissolvaient assez rapidement.

A 9^h56^m, les protubérances sont apparues et nous avons commencé les poses photographiques.

A 10^h15^m, on voyait Mercure sur une protubérance; dans l'oculaire, nous avons pu suivre son déplacement sur la protubérance jusqu'à 10^h37^m et ensuite sur la couronne. Le disque sombre de la planète, devenant de plus en plus pâle, disparut vers 11^h10^m. A partir de 11^h30^m, les cirrus, de nouveau très épais, ont empêché de poursuivre les observations.

Les poses, au nombre de 22, ont été faites sur plaques panchromatiques Guilleminot 200 H et D, à grands contrastes, à travers un filtre rouge qui laissait passer les longueurs d'onde supérieures à 6350 Å et avec un temps d'exposition de 1 à 3 secondes. Sur la plupart des images, le ciel est strié, jusqu'à 5′ environ du bord solaire, par le passage des cristaux de glace des cirrus; cependant quinze d'entre elles, prises entre 10^h16^m et 11^h13^m, montrent le disque de la planète nettement délimité et beaucoup plus contrasté qu'à l'observation directe, depuis 1′ jusqu'à 2′37″ du bord solaire.

Aucune ligne brillante, aucun point brillant n'apparaît au bord du disque de Mercure.

A la même distance angulaire du Soleil, Vénus s'est montrée au contraire entourée, lors de ses derniers passages, d'un anneau brillant que la lumière diffusée par les lunettes, environ mille fois supérieure à celle de la couronne, ne réussissait pas à effacer. Mercure ne peut donc avoir qu'une atmosphère peu épaisse et faiblement diffusante. Sa distance au bord solaire, le 11 mai, était de 0,45. Dans ces conditions, si la réfraction à sa surface avait dépassé 2′15″, les couches basses de l'atmosphère, à l'opposé du Soleil, se seraient illuminées assez fortement pour être visibles, même sous une épaisseur de quelques centaines de mètres seulement.

Il serait bon de reprendre cette expérience dans des circonstances atmosphériques meilleures. Notre coronographe permettrait de photographier Mercure facilement jusqu'à 30″ et même jusqu'à 20″ du bord solaire, on pourrait déceler ainsi une atmosphère trois fois plus faible.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le passage des protons très rapides à travers la matière.* Note (1) de M. **Mircea Drăganu**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la description des phénomènes de collision, où des corpuscules secondaires sont émis par le passage des corpuscules très riches en énergie à travers la matière, il semble juste, d'après W. Heisenberg (2), d'introduire des interactions de la nature que Fermi a conçues dans sa théorie du rayonnement β.

J'ai calculé, dans l'approximation de Born, la section efficace différentielle du phénomène de l'émission d'un positon par le choc d'un proton très rapide avec un noyau. Le phénomène doit être conçu comme s'effectuant par deux étapes, un seul état intermédiaire étant possible. Dans l'état initial le noyau possède l'énergie E_K^0 et l'impulsion $\vec{P}_K^0$, le proton incident l'énergie et l'impulsion E^0, $\vec{P}^0$. Sous l'influence d'une perturbation coulombienne le noyau et le proton changent leurs énergies et impulsions initiales. Le noyau possédera l'énergie et l'impulsion finales E_K, $\vec{P}_K$, le proton, l'énergie et l'impulsion intermédiaires E', $\vec{P}'$. Enfin, sous l'action d'une perturbation du type Fermi, le proton émet un positon et un neutrino d'énergie et d'impulsion ε, $\vec{p}$, ε', $\vec{p}'$ et tombe dans l'état quantique neutronique E, $\vec{P}$. Les impulsions sont exprimées en unités d'énergie.

En particulier, on a employé pour la perturbation de Fermi l'expression relativiste donnée par v. Weizsaecker (3), dont l'élément de matrice s'écrit, dans notre cas,

$$\mathcal{H}_{ks}^{lr} = g \sum_{\mu} \sum_{\lambda\varkappa} \sum_{\rho\sigma} \int \Phi_l^{\star}(\vec{r}, \lambda)\, \varphi_r^{\star}(\vec{r}, \rho)\, \gamma_{\lambda\rho,\varkappa\sigma}^{\mu\mu}\, \Psi_k(\vec{r}, \varkappa)\, \psi_s(\vec{r}, \sigma)\, d\vec{r},$$

où $\Phi_l(\vec{r}, \lambda)$, $\varphi_r(\vec{r}, \rho)$, $\Psi_k(\vec{r}, \varkappa)$, $\psi_s(\vec{r}, \sigma)$ sont respectivement les fonctions propres de Dirac pour le neutron, neutrino, proton et positon, $\gamma_{\lambda\rho,\varkappa\sigma}^{\mu\mu} = \alpha_{\lambda\varkappa}^{\mu}\alpha_{\rho\sigma}^{\mu}$ étant défini comme le produit direct (4) entre deux opérateurs de

(1) Séance du 11 octobre 1937.

(2) *Zeits. f. Phys.*, 101, 1936, p. 533.

(3) *Zeits. f. Phys.*, 102, 1936, p. 572.

(4) E. Wigner, *Gruppentheorie*, Braunschweig, p. 19.

Dirac $\gamma = \alpha^{\mu} \times \alpha^{\mu}$. La sommation sur les indices grecs doit être étendue de o jusqu'à 3; la matrice $\alpha^{(0)}$ est définie par la notation $\alpha^{(0)} = i\vartheta$ (ϑ étant la matrice unitaire), les autres trois sont les matrices habituelles de Dirac.

On a généralisé ensuite la méthode donnée par Casimir pour sommation sur les indices du spin, en remplaçant le produit $u_1(\sigma_1)u_2(\sigma_2)'$ par $[(E_1 + H_1)/2E_1] \times [(E_2 + H_2)/2E_2]\, u_1(\sigma_1)u_2(\sigma_2)$, u_1 et u_2 étant les amplitudes propres de Dirac d'un système des particules qui peuvent être considérées comme libres, H_1, E_1, H_2, E_2 étant leurs hamiltoniens et leurs énergies. On a utilisé aussi les formules

$$(A \times B)(C \times D) = AC \times BD, \qquad Sp(A \times B) = Sp A\, Sp B,$$

A, B, C, D étant des opérateurs définis, dans notre problème, comme les produits matriciels des matrices α, β de Dirac.

On a obtenu ainsi, le noyau étant supposé suffisamment lourd, la formule générale

$$dQ = \frac{\pi}{\rho_0 E^0 \hbar} \frac{(4\pi\hbar^2 c^2 Z e^2 g)^2}{\left(\vec{P}' - \vec{P}^0\right)^4 (E^{02} - E'^2)^2} F \frac{P p p'}{(2\pi\hbar c)^9} \frac{dE}{dE_f} d\varepsilon\, d\varepsilon'\, d\Omega\, d\omega\, d\omega';$$

la fonction F ayant la valeur

$$\begin{aligned} F = {} & (2E^{03}E + 6\mu^2 E^0 E - 3E^{02}\mu^2 - \mu^4)\varepsilon\varepsilon' \\ & + 2(E^0E + \mu^2)\varepsilon\varepsilon'\vec{P}'^2 - (E^{02}E - E\mu^2)\left(\varepsilon'(\vec{P}^0, \vec{p}) + \varepsilon(\vec{P}^0, \vec{p}')\right) \\ & - 2(E^{02}E + E\mu^2)\left(\varepsilon'(\vec{P}', \vec{p}) + \varepsilon(\vec{P}', \vec{p}')\right) \\ & - (E^{03} + 3E^0\mu^2)\left(\varepsilon'(\vec{P}, \vec{p}) + \varepsilon(\vec{P}, \vec{p}')\right) + (4E^0E - 2\mu^2)\varepsilon\varepsilon'(\vec{P}', \vec{P}^0) \\ & + (3E^{02}\mu^2 + \mu^4)(\vec{p}, \vec{p}') + 2\mu^2(\vec{P}^0, \vec{P}')(\vec{p}, \vec{p}') \\ & + (E^{02} - \mu^2)\left[(\vec{P}^0, \vec{p})(\vec{P}, \vec{p}') + (\vec{P}, \vec{p})(\vec{P}^0, \vec{p}')\right] \\ & + 2(E^{02} + \mu^2)\left[(\vec{P}', \vec{p})(\vec{P}, \vec{p}') + (\vec{P}, \vec{p})(\vec{P}', \vec{p}')\right] \\ & - 2E^0\left[\varepsilon'(\vec{P}', \vec{P}^0)(\vec{P}, \vec{p}) + \varepsilon(\vec{P}', \vec{P}^0)(\vec{P}, \vec{p}')\right] \\ & - E^0\left[\varepsilon'\vec{P}'^2(\vec{P}, \vec{p}) + \varepsilon\vec{P}'^2(\vec{P}, \vec{p}')\right] \\ & - E\left[\varepsilon'\left(2(P', P^0)(P', p) - P'^2(P^0, p)\right) + \varepsilon\left(2(\vec{P}', \vec{P}^0)(\vec{P}', \vec{p}') - \vec{P}'^2(\vec{P}^0, \vec{p}')\right)\right] \\ & + \frac{3}{2}(\vec{P}^0, \vec{P}')\left[(\vec{P}, \vec{p})(\vec{P}', \vec{p}') + (\vec{P}', \vec{p})(\vec{P}, \vec{p}')\right] \\ & - \frac{1}{2}\vec{P}'^2\left[(\vec{P}, \vec{p})(\vec{P}^0, \vec{p}') + (\vec{P}, \vec{p}')(\vec{P}^0, \vec{p}) + (\vec{P}, \vec{P}^0)(\vec{p}, \vec{p}')\right]. \end{aligned}$$

v_0 est la vitesse initiale du proton, μ son énergie de repos, E_f l'énergie finale totale, Ω, ω, ω' les angles solides. La masse du neutrino est supposée nulle. Si l'on remplace $\vec{P}'$ par sa valeur tirée de la loi de la conservation de l'impulsion, on peut obtenir facilement la section efficace différentielle en fonction des angles qui peuvent être mesurés expérimentalement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Phénomène d'échange quantique et isomérie nucléaire; nouvelle méthode de détermination de celle-ci.* Note de M. **Théodore Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un effet quantique particulièrement caractéristique se produit dans le cas de molécules lorsque la présence de deux (ou plusieurs) noyaux parfaitement identiques (donc indiscernables) donne lieu à une dégénérescence d'échange conduisant à l'apparition de plusieurs systèmes de termes dans les spectres de bandes entre lesquels nulle transition n'est possible. Ce même effet quantique se fait aussi sentir dans l'étude de la variation de la chaleur spécifique de rotation avec la température, de molécules diatomiques homonucléaires, ainsi que dans les processus de choc entre particules de même espèce (diffusion, avec échange quantique, de protons dans H_2, etc.).

Précisons, pour la suite, cet effet d'échange sur la structure des spectres de bandes de molécules diatomiques. Dans le cas de molécules à noyaux de même espèce dépourvus de spins, à la même énergie propre du mouvement des noyaux correspondent deux fonctions propres de de Broglie-Schrödinger; l'une est invariante par rapport à un échange des deux noyaux (fonction symétrique), l'autre (antisymétrique) change de signe. La fonction d'onde de rotation est symétrique pour un nombre quantique de rotation J pair, et antisymétrique pour J impair. Si donc les noyaux en question obéissent au principe de Pauli, seuls les états antisymétriques avec J impair existeront par exemple, et inversement, lorsque les noyaux suivent la statistique Bose-Einstein. Effectivement, dans le spectre de bandes de C_2, O_2, un seul des deux systèmes de termes se présente, ce qui montre que les noyaux correspondants sont dépourvus de spin. L'interdiction de transition entre les deux systèmes de termes reste encore sensiblement valable dans le cas de noyaux indiscernables possédant un spin. On peut échanger les deux noyaux en permutant d'abord les coordonnées de position, ensuite les spins. Il y aura des états para et des états ortho. Il se produit alors entre les raies de nombre quantique de rotation pair et

impair une alternance régulière d'intensités, découverte par Mecke et interprétée quantiquement par Heisenberg [1].

Lorsque les deux noyaux de la molécule sont différents, il ne se produit pas de dégénérescence quantique et il n'existe qu'un seul système d'états, sans alternance d'intensités. Combien ce phénomène typiquement quantique est lié à l'indiscernabilité des noyaux, c'est ce qui ressort du fait que nulle trace n'en fût observée dans le cas de molécules à noyaux isotopes telles que $^{6}Li\,^{7}Li$, $^{16}O\,^{17}O$, etc.

Or, on a récemment découvert des noyaux dits isomères, ayant le même nombre atomique et le même nombre de masse, mais possédant une structure interne différente (répartitions différentes de niveaux nucléaires par exemple). Un exemple typique est le noyau $^{80}_{35}Br$, à radioactivité induite, existant en deux variétés, caractérisées chacune par une période propre (4 heures 2 minutes et 18 minutes) [2].

Comme deux noyaux isomères ne sont plus absolument indiscernables au point de vue quantique, le phénomène d'échange quantique ne saurait se produire.

Il découle donc de ces considérations une nouvelle méthode de détermination de l'isomérie nucléaire. Deux cas peuvent en effet se présenter par exemple lors de l'étude du spectre de bandes de molécules homonucléaires ou dans le processus de choc entre noyaux de même espèce :

1° noyaux de même espèce, non isomères, d'où alternance d'intensités ou diffusion avec effet d'échange quantique;

2° noyaux de même espèce, mais isomères, d'où absence d'alternance d'intensité et de diffusion avec effet d'échange.

Ainsi, par exemple, si une molécule diatomique avec deux noyaux de même espèce X présente une alternance d'intensités dans son spectre de bandes, cette alternance disparaîtra en remplaçant un noyau X par son isomère X′, d'où mise en évidence de l'isomérie.

Il semble donc qu'on puisse, par cette méthode, déterminer l'isomérie des noyaux légers en étudiant par exemple leur spectre de bandes (^{7}Li, ^{12}C, ^{14}N etc.).

---

(1) *Z. f. Phys.*, 41, 1927, p. 239.

(2) Cf. par exemple FLEISCHMANN, *Z. f. Physik*, 107, 1937, p. 205.

PYROMÉTRIE. — *Perfectionnements à la technique de la mesure des températures des flammes.* Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Flammes éclairantes. — Nous rappelons que la mesure de la température d'une flamme contenant des particules solides en suspension peut s'effectuer de façon précise par la méthode optique de Kurlbaum. Si l'on dispose entre un pyromètre et un corps noir à température T une flamme absorbante de température T_0, la visée sera identique à ce qu'elle est sur le corps noir seul si la température T est égale à T_0; la présence de la flamme est alors sans influence, la quantité de lumière émise par elle étant égale à celle qu'elle absorbe. La méthode précédente, mise en œuvre par escamotage de la flamme, nécessite de nombreux tâtonnements.

Nous avons pu supprimer ces derniers et rendre la méthode très rapide en réalisant un montage dans lequel la lumière émise par une source (corps noir ou mieux lampe à ruban de tungstène) traverse deux circuits optiques distincts pour donner en définitive deux images de la source sur les plages d'un cube de Lummer. En l'absence de flamme les deux images sont amenées d'abord à avoir même brillance, grâce à un dispositif de réduction approprié qui compense la différence de transmission des deux circuits; on interpose alors la flamme et l'on règle l'intensité de la source jusqu'à ce que les deux images conservent même brillance.

Il ne reste plus qu'à déterminer au pyromètre la température de la source, ou, de façon plus précise, la température de brillance de l'image de cette source formée sur la flamme. Si l'on a au préalable établi la correspondance entre cette dernière température et le courant électrique qui alimente la source, on voit que la mesure de la température d'une flamme absorbante se ramène à une simple égalisation photométrique, extrêmement rapide.

Nous avons cherché à perfectionner cette dernière méthode de façon à la rendre encore plus automatique. A cet effet, au lieu d'utiliser une source de brillance uniforme, on s'arrange pour que cette brillance varie de façon continue, par exemple au moyen d'un ruban de tungstène de largeur non uniforme ou d'un ruban ordinaire dont on forme l'image sur un secteur tournant dont le facteur de réduction varie linéairement. Les deux images finales du montage précédent, formées de part et d'autre de la ligne de séparation du cube de Lummer, sont amenées d'abord à l'égalité en l'absence de flamme et cela sur toute leur longueur; après interposition de

la flamme à mesurer, ces deux images ne présentent plus l'égalité de brillance qu'en un point seulement, qui se trouve correspondre à la brillance précisée plus haut. La mesure, ainsi mise en œuvre, peut s'effectuer photographiquement; grâce à des repères, convenablement disposés sur la source de brillance non uniforme, on pourra préciser sans difficulté la température correspondant à l'égalité de brillance.

Flammes non éclairantes. — On se rend facilement compte que la technique précédente peut être aisément adaptée à la mesure de la température d'une flamme non éclairante effectuée par la méthode de Féry (renversement d'une raie métallique au sein de la flamme).

L'utilisation d'une source de brillance non uniforme dont on forme l'image finale sur la fente du spectroscope permet d'obtenir par un seul pointé, photographique ou visuel, la zone dans laquelle la raie métallique disparaît sur le fond lumineux de la source; on évite, ici encore, d'avoir à faire varier la température de la source jusqu'à ce que la disparition soit atteinte, réalisant ainsi une mesure automatique.

Les détails de montage et les résultats seront donnés dans une publication ultérieure plus complète.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Méthode pour l'essai des disjoncteurs de grande puissance pour réseaux à haute tension.* Note de M. **J. Bethenod**, transmise par M. André Blondel.

La puissance des disjoncteurs utilisés sur les réseaux à haute tension augmentant sans cesse, on s'est préoccupé déjà de trouver une méthode d'essai permettant de leur faire subir artificiellement chez le constructeur les épreuves voulues, avant leur mise en service, sans cependant mettre en jeu la puissance pour laquelle ils sont établis.

Diverses méthodes ont été ainsi proposées; elles consistent généralement à faire passer dans le disjoncteur un courant égal à celui qu'il doit pouvoir couper, au moyen d'un alternateur de tension réduite, et à appliquer à ces contacts, à partir du moment de la séparation des contacts, une tension dont l'allure en fonction du temps reproduit aussi fidèlement que possible, dans les conditions réelles de fonctionnement du disjoncteur, ce que les électriciens appelent la *tension de rétablissement*. Si le dispositif utilisé à cet effet ne requiert lui-même qu'une puissance relativement

modérée, le problème peut être considéré comme résolu. Mais les dispositifs proposés ou expérimentés jusqu'ici ne paraissent pas donner complète satisfaction, pour des motifs divers.

La méthode qui fait l'objet de la présente Note paraît plus satisfaisante :

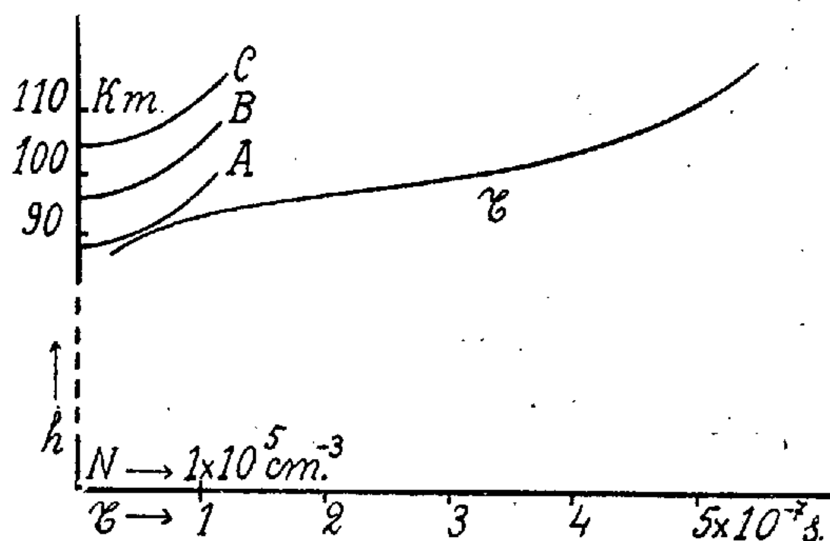
Au moyen d'une source auxiliaire, on charge un condensateur C_1 ; et grâce à la fermeture brusque d'un interrupteur, selon un dispositif facile à concevoir, à partir du moment de la séparation des contacts du disjoncteur en essai, ce condensateur est utilisé *à charger* lui-même un second condensateur C_2 placé aux bornes dudit disjoncteur. Cette charge étant opérée par l'intermédiaire d'une résistance ohmique R convenablement choisie, on peut ainsi appliquer aux contacts du disjoncteur une tension *croissante avec une vitesse déterminée jusqu'à toute valeur désirée.* L'installation est complétée par un troisième condensateur C_3 de très forte capacité, branché en dérivation aux bornes de l'alternateur fournissant le courant au disjoncteur; une bobine de self-induction L étant en outre insérée entre ledit condensateur et le disjoncteur en essai; grâce à ce condensateur, l'alternateur est protégé complètement contre toute surtension dangereuse.

Enfin il est à remarquer que le condensateur C_2 disposé aux bornes du disjoncteur forme avec la self-inductance L un circuit oscillant de faible amortissement et de fréquence propre bien déterminée, qu'il paraît légitime d'assimiler à un réseau type idéal. (La fréquence propre du circuit en question n'est que faiblement altérée par la présence du condensateur de protection C_3, dont la capacité est choisie aussi élevée que possible; on pourrait d'ailleurs aisément tenir compte de cette présence.)

Il est à noter que le rôle essentiel du condensateur C_1 est d'assurer l'application brusque d'une tension de valeur finie au circuit de charge du condensateur C_2; sa présence ne serait donc pas indispensable au cas où l'on disposerait d'une source auxiliaire présentant une onde de tension d'allure convenable, telle que la tension aux bornes du disjoncteur croisse suivant une pente déterminée dès la séparation des contacts.

ONDES HERTZIENNES. — *Réflexion dans l'atmosphère des ondes de radiodiffusion.* Note ([1]) de Mme **Irène Mihul** et M. **Constantin Mihul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous proposons, dans cette Note, d'expliquer le fait que les ondes de radiodiffusion sont mieux réfléchies par l'ionosphère pendant la nuit que pendant la journée. Admettons que dans l'ionosphère inférieure l'intervalle de temps τ entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules du gaz varie avec l'altitude h suivant la courbe τ (voir figure) et que l'ionisation est représentée par les courbes A, B, C : A se rapportant à la journée, B et C aux heures successives de la soirée. Cette évolution, qui explique d'ailleurs la disparition pendant la nuit des échos E, produit un accroissement très grand du coefficient de réflexion des ondes longues, juste au niveau où les ondes entrent dans la couche ionisée, de sorte qu'il se forme à ce niveau un miroir pour les ondes de radiodiffusion. Nous avons



calculé ces coefficients à l'aide de la formule $R = (\Delta n^2 + \Delta k^2)/4(n^2 + k^2)$, après avoir pris pour Δn et Δk les différences des valeurs de l'indice de réfraction n et du coefficient d'extinction k entre les niveaux où les courbes A, B, C coupent l'axe h et les niveaux qui dépassent le leur d'un dixième de λ. Nous avons rassemblé quelques valeurs ainsi trouvées dans le Tableau qui suit :

λ (mètres)	100.	200.	400.	600.	1200.	2400.
A	0,000	0,000	0,000	0,001	0,007	0,02
B	0,000	0,001	0,01	0,03	0,07	0,07
C	0,000	0,005	0,1	0,1	0,1	0,1

([1]) Séance du 8 novembre 1937.

On y voit qu'aux heures où l'ionisation est profonde les ondes longues sont seules réfléchies d'une façon notable. Cela tient au fait que la profondeur de l'ionosphère d'un dixième de λ et par suite la valeur de N à la limite supérieure de la couche réfléchissante croissent avec λ et qu'en même temps, pour $\mathfrak{T} \ll T$, les mêmes valeurs de $\mathfrak{T}$ et N donnent des conductibilités proportionnelles aux λ. Quand on passe aux ionisations moins profondes, les grandes valeurs de $\mathfrak{T}$ au niveau où commence la couche ionisée, font que *k* et surtout *n* croissent très vite avec l'altitude. Cela fait que la réflexion des ondes supérieures à $\lambda = 100$ mètres est grandement améliorée ([2]).

En comparant les modes de réflexion dans l'ionosphère des ondes courtes et des ondes de radiodiffusion on voit une différence essentielle : les premières sont réfléchies à l'intérieur de l'ionosphère par un phénomène de mirage, tandis que les autres subissent la véritable réflexion à l'entrée même dans l'ionosphère. Cette réflexion a lieu dans une couche qui ne dépasse pas une petite fraction de λ. Pour de grandes longueurs d'onde et des ionisations peu profondes cette couche est plus mince qu'un dixième de λ, étant donné que ces ondes, puissamment absorbées, ne peuvent pénétrer à une telle profondeur. La couche réfléchissante est la même pour toutes les ondes. Il en résulte que ce sont les mêmes électrons qui, au-dessus de Luxembourg, réfléchissent les ondes diffusées par la station de Beromünster et en même temps exécutent leurs vibrations sous l'action des ondes émises par Radio-Luxembourg. On entrevoit ainsi la possibilité de l'interaction entre les ondes de radio comme il a été observé en 1933 par Tellegen.

Nous avons effectué nos calculs sur les bases de la théorie de Ionescu et Mihul ([3]) en gardant le postulat de la constance dans un lieu donné de l'ionosphère de l'intervalle de temps $\mathfrak{T}$ entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules du gaz. Dans ce cas particulier de la réflexion ionosphérique des ondes de radiodiffusion on arrive aux mêmes conclusions si l'on fait les calculs en admettant que τ varie conformément à la théorie cinétique classique. Il suffit d'admettre, comme nous l'avons fait, que le

([2]) Dans les cas où notre Tableau donne des RR très petits on trouve des coefficients de réflexion notables plus haut. Ces régions de réflexion, effectives pour les ondes courtes à l'incidence normale, perdent de leur importance pour les incidences obliques à cause de l'absorption qu'elles subissent en décrivant leurs trajectoires en arc.

([3]) *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 388.

plafond d'ionisation monte le soir et descend le matin dans le domaine atmosphérique où $\mathcal{T}$, durée moyenne de la vie d'un électron entre deux chocs, a l'ordre de grandeur donné dans notre figure.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la transmission de quelques oxydes dans l'infrarouge lointain.* Note [1] de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié, par la méthode des rayons restants, en utilisant un dispositif déjà décrit [2], la transmission de quelques oxydes du type $X-O$, $X-O^2$ et X^2-O^3.

Pour cette étude nous les avons pulvérisés et déposés entre deux lames de paraffine.

I. *Oxydes du type* $X-O$. — Nous avons signalé [3] l'existence pour CoO [4], CuO et CdO de bandes correspondant à des longueurs d'onde fondamentales ayant respectivement pour valeurs : $38^\mu,5$, 38^μ et $51^\mu,1$. Une étude plus poussée nous conduit à distinguer, à coté de ces bandes, des bandes secondaires ayant pour longueur d'onde :

Corps.	CoO.	CuO.	CdO.
$\lambda(\mu)$......	28 (357 cm^{-1})	30 (333 cm^{-1})	40 (250 cm^{-1})

Ces bandes sont dues à des fréquences de combinaisons dont on peut justifier la présence, d'après Born et Blackmann [5], en supposant les oscillations anharmoniques. Les fréquences ν' de ces bandes sont alors données en fonction des fréquences ν_0 des bandes fondamentales par la relation

$$\nu' = \nu_0 \frac{\sqrt{M_1}+\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1+M_2}},$$

M_1 et M_2 étant les masses atomiques des constituants.

---

(1) Séance du 8 novembre 1937.

(2) M. Parodi, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1111.

(3) M. Parodi, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1636.

(4) La valeur donnée pour CoO, obtenue à partir de la courbe tracée dans la note (3), coïncidant avec celle obtenue expérimentalement.

(5) M. Born et E. Blackmann, *Zs. Physik*, 82, 1933, p. 551.

En appliquant cette relation aux oxydes précédents, il vient

Corps.	ν' calculé.	ν' observé.
CoO	350 cm^{-1}	357 cm^{-1}
CdO	248 »	250 »
CuO	333 »	350 »

On voit que pour les deux premiers oxydes l'accord est satisfaisant; pour CuO la concordance est moins bonne, probablement parce que cet oxyde est triclinique et non cubique comme les deux précédents.

II. *Oxydes du type* $X - O^2$. — Nous avons étudié TiO^2 (rutile), MnO^2, MoO^2 et PbO^2 qui cristallisent dans le système quadratique. Entre 20 et 60^{μ} se placent les trois groupes de bandes suivants :

Corps.	$\lambda_1(\mu)$.	$\lambda_2(\mu)$.	$\lambda_3(\mu)$.
TiO^2	30,5	41	50
MnO^2	29	40,7	50
MoO^2	27	40	51,5
PbO^2	30,5	42	53

Nous remarquons que les bandes λ_1 de MnO^2 et de PbO^2 se trouvent au voisinage des bandes fondamentales de MnO (33^{μ}) et de PbO ($30^{\mu},7$). De plus si l'on trace les courbes représentant les variations de λ_1, λ_2 et λ_3 en fonction du nombre atomique du métal figurant dans ces oxydes, on trouve sensiblement des droites.

III. *Oxydes du type* $X^2 - O^3$. — Nous avons étudié Mn^2O^3, Ni^2O^3, Al^2O^3, Sb^2O^3 dans le même intervalle de longueurs d'onde.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant :

Corps.	$\lambda(\mu)$.			
Mn^2O^3	28,5	33,6	42,8	53,5
Ni^2O^3	28,5	33	42,6	52
Al^2O^3	—	30,5	41	51,5
Sb^2O^3	23	28	—	56

Pour Ni^2O^3 et Mn^2O^3 qui sont quadratiques, nous remarquons le même nombre de bandes et pour des longueurs d'onde très voisines, ce qui ne saurait être étonnant puisque leurs réseaux cristallins ont les mêmes modes de vibration et que les masses de Mn et de Ni sont voisines.

Pour Mn^2O^3 nous pouvons noter également que la bande de $33^{\mu},6$ est très voisine de la bande fondamentale de MnO (33^{μ}).

Pour Al^2O^3 et Sb^2O^3 qui sont respectivement rhomboédrique et

cubique, on observe seulement trois bandes, ce qui s'explique par la différence des modes de vibrations de leurs édifices cristallins avec ceux des deux premiers oxydes.

Au sujet de Sb^2O^3 nous pouvons remarquer de plus que la seconde bande est peut être le premier harmonique de celle située à 56^μ.

PHYSIQUE. — *Sur les rayons anodiques des métaux lourds et, en particulier, du plomb.* Note de MM. **André Poirot** et **Maurice Auclair**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous a montré ([1]) qu'on peut obtenir, par la méthode de l'anode chaude et en utilisant un dispositif expérimental convenable, des émissions régulières et durables de rayons anodiques non seulement de lithium mais aussi de sodium, de potassium, de calcium, de baryum et de chrome. Il a obtenu récemment des émissions de zinc ([2]).

Il était à prévoir que, contrairement à l'opinion généralement admise, on peut aussi obtenir des émissions de rayons anodiques avec les métaux les plus lourds et, en particulier, avec le plomb.

Le seul procédé utilisé jusqu'ici pour produire des rayons positifs de plomb consistait ([3]) à faire passer une décharge dans un tube renfermant de la vapeur de plomb tétraméthyl; malheureusement cette vapeur se décompose très rapidement. Il était donc intéressant, même pour l'étude des isotopes, d'obtenir des rayons de masse du plomb sous une forme ou sous une autre, mais d'une façon régulière, abondante et durable.

Nous avons réalisé des émissions de rayons anodiques de plomb en partant du bromure pur (point de fusion : $\Theta \sim 370°$C.). Le chlorure ($\Theta \sim 495°$C.), très volatil, ne convient pas.

Ces émissions sont obtenues en maintenant l'anode à un potentiel de 40 à 45 kilovolts, valeur beaucoup plus élevée que dans tous les cas précédemment étudiés; le courant qui traverse le tube est alors de l'ordre de 0,4 mA. Le faisceau des rayons anodiques a une couleur bleu violet, celle que donne à la flamme le chlorure de plomb. L'émission, particulièrement stable, dure une trentaine de minutes; une amélioration du

---

([1]) A. Poirot, *Ann. de Phys.*, 11e série, 4, 1935, p. 583.
([2]) A. Poirot, *J. de Phys.*, 7e série, 7, 1936, p. 95 S.
([3]) F. W. Aston, *Proc. Roy. Soc.*, 134, 1932, p. 571; 140, 1933, p. 535.

dispositif anodique, en cours d'exécution, permettra de prolonger notablement cette durée.

Le bromure de plomb ne donne pas lieu à des émissions à froid du genre de celles rencontrées avec le chlorure de zinc (²).

Le spectre de la lumière émise, étudié dans le domaine 3200-4500 Å, comprend les raies du spectre d'arc du plomb, les raies les plus intenses des spectres d'arc du calcium et de l'aluminium qui proviennent de traces d'impuretés contenues dans le chlorure de plomb et quelques raies du cuivre qui résultent d'une pulvérisation partielle de la cathode en cuivre rouge par les rayons anodiques; on remarque aussi un spectre de bandes dont le porteur est le groupement CH^+ : il résulte du bombardement par les rayons anodiques et cathodiques de molécules d'hydrocarbures provenant de la volatilisation partielle de la graisse des rodages. La lumière émise est suffisamment intense pour permettre des recherches spectroscopiques et, en particulier, pour étudier l'effet Döppler et l'effet Stark.

Il n'est pas douteux que les résultats obtenus sur les métaux déjà étudiés et principalement sur le plomb ne puissent être généralisés et que, pour tous les métaux, quelles que soient leurs valences, du plus léger au plus lourd, on ne puisse obtenir des émissions intenses, régulières et durables de rayons anodiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques complexes bromocupriques.* Note (¹) de M. **Alfred Silberstein**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons remplacé dans le sel double du cuivre et d'ammonium $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2H^2O \end{bmatrix}(NH^4)^2$ les 2 molécules d'eau par 2 molécules d'une base telle que l'ammoniaque, la pyridine, l'aniline, l'orthotoluidine. Cette étude chimique a été faite avec l'intention d'examiner à l'aide des rayons X comment se fait le remplacement de l'eau par ces amines dans le sel $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2H^2O \end{bmatrix}(NH^4)^2$ (²).

Quelques-uns de ces corps ont été décrits : $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2NH^3 \end{bmatrix}(NH^4)^2$ par MM. Spacu

(¹) Séance du 8 novembre 1937.

(²) A. Silberstein, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1196 (Structure du $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2H^2O \end{bmatrix}(NH^4)^2$).

et Creaugu ([3]) et par M. Job ([4]); $\left[\begin{matrix}CuBr^4\\2Py\end{matrix}\right](NH^4)^2$ par MM. Spacu et Creaugu ([5]).

Nous avons refait ces sels en précisant leurs conditions de formation et nous avons étendu notre étude aux composés contenant de l'aniline et de l'orthotoluidine dans l'ion complexe.

Les composés avec la pyridine, l'aniline, l'orthotoluidine se forment directement en laissant agir quelques centimètres cubes de l'aniline correspondante dissoute dans 100^{cm^3} d'essence de pétrole rigoureusement exempte d'alcool, sur le bromure double de cuivre et d'ammonium finement pulvérisé. On agite pendant 48 heures. On lave les sels ainsi obtenus avec de l'éther de pétrole et l'on sèche dans un courant d'air sec. Le composé obtenu est vert avec la pyridine, jaune brun avec l'aniline et noir avec l'orthotoluidine.

Les meilleurs résultats pour la préparation du sel $\left[\begin{matrix}CuBr^4\\2NH^3\end{matrix}\right](NH^4)^2$ ont été obtenus en mélangeant une solution concentrée de 25^g du bromure d'ammonium avec 20^{cm^3} d'ammoniaque concentrée et en ajoutant goutte à goutte une solution concentrée de bromure ou de sulfate cuivrique. Le sel vert olive précipite lentement. On ajoute du bromure ou du sulfate cuivrique jusqu'à ce que la solution devienne bleu pâle. Si l'excès de bromure d'ammonium n'est pas suffisant, le sel complexe est souillé d'hydroxyde de cuivre.

Nous avons déterminé les densités de ces sels par la méthode du flacon dans le xylène ($d = 0,862$) à 20°C. ([6]).

$$\left[\begin{matrix}CuBr^4\\2NH^3\end{matrix}\right](NH^4)^2, \qquad d = 2,780\ (\pm 0,002);$$

$$\left[\begin{matrix}CuBr^4\\2Py\end{matrix}\right](NH^4)^2, \qquad d = 2,142\ (\pm 0,002);$$

$$\left[\begin{matrix}CuBr^4\\2An\end{matrix}\right](NH^4)^2, \qquad d = 2,137\ (\pm 0,001);$$

$$\left[\begin{matrix}CuBr^4\\2\,orthoT_0\end{matrix}\right](NH^4)^2, \qquad d = 2,090\ (\pm 0,005).$$

([3]) *Bull. Soc. Sc. Cluj*, 2, 1924, p. 244.
([4]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 104.
([5]) *Bull. Soc. Sc. Cluj*, 2, 1924, p. 244-279.
([6]) Méthode appliquée par M. Damiens aux solides pulvérulants. *Thèse* de M. Damiens, p. 23, Paris, 1922.

Le sel $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2NH^3 \end{bmatrix}(NH^4)^2$, quel que soit son mode de préparation (7), donne un diagramme de poudre présentant exactement les mêmes raies que celui du bromure d'ammonium. Mais les intensités des raies correspondantes sont différentes dans les deux diagrammes. Les intensités des raies (111), (200), (210) du bromure d'ammonium vont en croissant dans l'ordre indiqué. Par contre, les raies correspondantes du sel $\begin{bmatrix} CuBr^3 \\ 2NH^4 \end{bmatrix}(NH^4)^2$ ont à peu près la même intensité.

La structure de $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2H^2O \end{bmatrix}(NH^4)^2$ peut se décrire comme une structure de bromure d'ammonium dans laquelle la moitié des atomes d'azote sont remplacés par des atomes d'oxygène. Les atomes de cuivre s'insèrent dans l'édifice ainsi formé pour imposer une « surstructure ».

Le remplacement d'azote par l'oxygène contribue à détruire la symétrie cubique pour imposer une symétrie quadratique $[c/a = 1{,}054]$.

Le sel $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2NH^3 \end{bmatrix}(NH^4)^2$ garde la même structure, mais le rapport c/a est redevenu égal à 1.

Les trois paramètres $a = b = c$ sont égaux à 8,14 Å (double de celui du bromure d'ammonium).

Nous conservons le groupe spatial D_{4h}^{14} (2), étant donné que l'ammoniaque n'est pas identique à l'ion ammonium

$$D_{cal} = 2{,}82.$$

Partant de cette hypothèse nous avons calculé les intensités de réflexions. Celles-ci sont en bon accord avec les intensités observées.

Plans (hkl) du $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2NH^3 \end{bmatrix}(NH^4)^2$.	Plans (hkl) du NH^4Br.	Intensités calculées du $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 2NH^3 \end{bmatrix}(NH^4)^2$.	Intensités calculées du NH^4Br.
(100) (8)	—	0	—
(200)	(100)	897	1110
(220)	(110)	4027	2940
(222)	(111)	974	640
(400)	(200)	1006	740
(420)	(210)	833	936

(7) Préparé par voie sèche en décomposant le sel $\begin{bmatrix} CuBr^4 \\ 6NH^3 \end{bmatrix}(NH^4)^2$, ou par voie humide.

(8) Le plan (100) a une intensité égale à 0, car les atomes de cuivre donnant une « surstructure » forment une maille cubique centrée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le paramètre du protoxyde de fer pur.* Note [1] de M. **Jacques Bénard**, présentée par M. Georges Urbain.

Certains auteurs ont émis des doutes quant à la possibilité d'obtenir une phase cristalline dont la composition réponde exactement à la formule du protoxyde de fer. En particulier Jette et Foote [2], à la suite d'une étude aux rayons X, ont repris l'hypothèse de Schenck [3], d'après laquelle le protoxyde de fer préparé par réduction de Fe^2O^3 serait en réalité une phase plus riche en oxygène (Wüstite). Selon ces auteurs, l'excès d'oxygène serait dû à l'existence de lacunes de fer dans le réseau qui provoqueraient une diminution du paramètre cristallin a. Ils attribuent à FeO pur la valeur $a = 4{,}33$ Å, qui n'est jamais atteinte, mais qu'ils obtiennent par extrapolation.

Au cours d'une étude de la décomposition de cet oxyde [4] suivant la réaction [5]



$$4FeO \rightarrow Fe + Fe^3O^4,$$

nous avons constaté des différences dans les dimensions de la maille cristalline des produits trempés à haute température suivant les conditions de préparation. Nous nous sommes proposé de rechercher si ces variations pouvaient être attribuées à l'existence dans le réseau d'un excès de l'un ou l'autre des éléments constitutifs. Le contrôle de la pureté par l'analyse chimique ne nous a pas paru susceptible d'apporter un élément certain d'appréciation en raison des faibles quantités mises en cause et de la nécessité dans laquelle on se trouve de doser l'oxygène par différence.

Par suite des faibles variations du paramètre nous avons dû adapter à ce travail une méthode d'analyse cristalline par rayons X en retour utilisée principalement jusqu'ici dans l'étude des métaux. La juxtaposition du diagramme d'une substance étalon et l'emploi pour le dépouillement de courbes d'enregistrement microphotométriques nous ont assuré d'une fidélité supérieure au millième d'Angström dans la mesure de l'arête du cube élémentaire.

---

(1) Séance du 8 novembre 1937.

(2) *J. Chem. Physics,* **1**, 1933, p. 29-36.

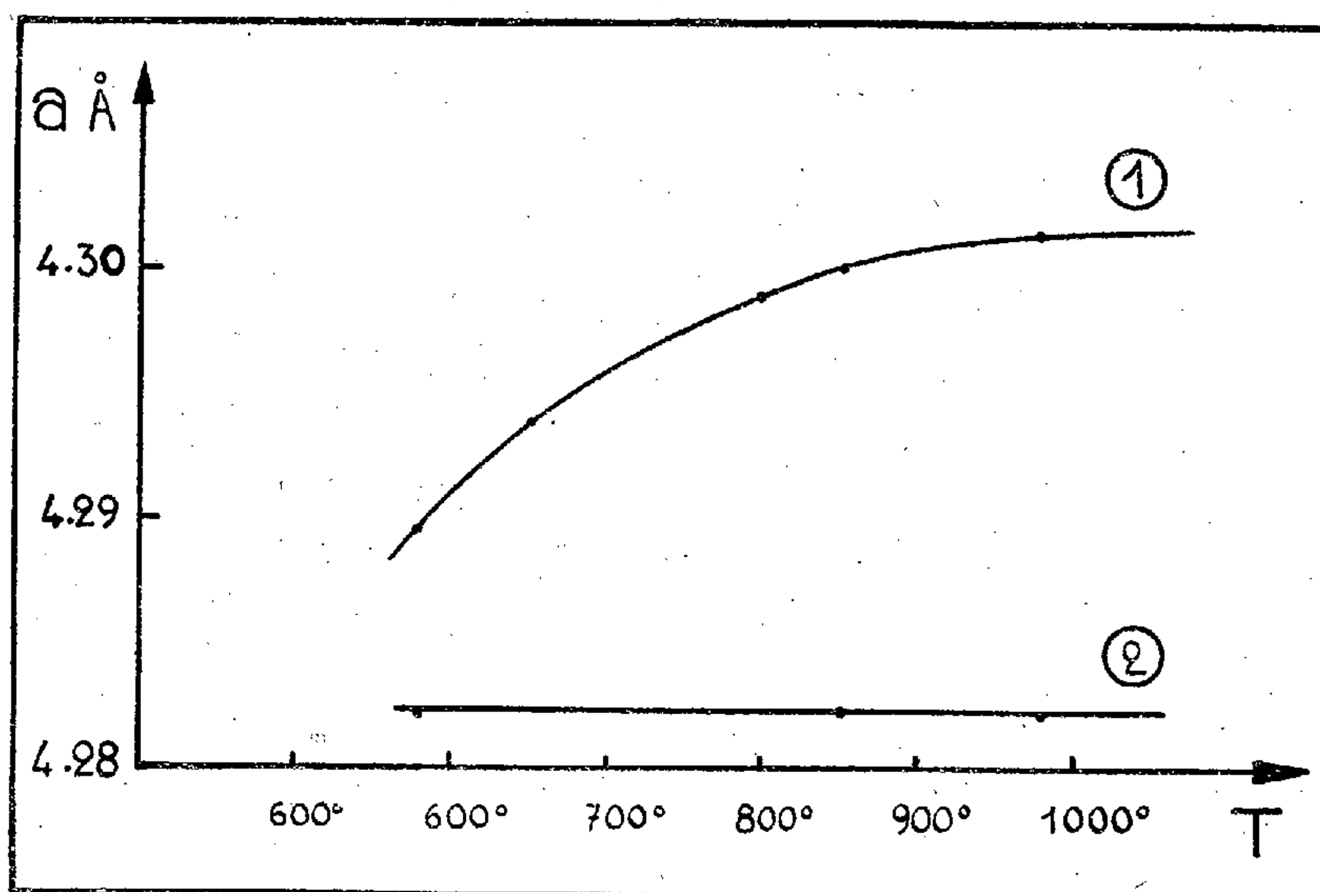
(3) Schenck et Dingman, *Z. anorg. Chem.*, **182**, 1929, p. 97-117.

(4) Bénard et Chaudron, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1336.

(5) G. Chaudron, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 152.

Dans une première série d'essais, nous avons examiné un certain nombre d'échantillons de protoxyde de fer préparés par réduction du sesquioxyde dans les mélanges de Co — Co^2 ou H^2 — H^2O, et amenés par une trempe rapide à la valeur ambiante. Leurs paramètres sont compris entre les valeurs extrêmes $a = 4,2820$ Å et $a = 4,2984$ Å.

Par recuit sous vide des oxydes à faibles paramètres, en présence d'un excès de fer, on provoque leur accroissement jusqu'à une valeur limite qui est elle-même d'autant plus grande que la température de trempe est plus élevée. La courbe ci-dessous montre que le paramètre d'un échantillon,



Variation du paramètre cristallin du protoxyde de fer par chauffage aux différentes températures. 1, en présence du fer; 2, en présence de magnétite.

initialement égal à 4,2820 Å, passe en présence de fer à 4,2894 Å à 580° et à 4,3013 Å à 980°.

La transformation est réversible et l'on observe par recuit aux températures inférieures une variation de a en sens inverse. Ce dernier fait n'est pas en accord avec la théorie lacunaire car on ne peut concevoir qu'une partie du fer s'échappe du réseau en présence d'un excès de ce métal; il s'explique au contraire normalement par la diminution de la solubilité du fer avec la température. On doit donc considérer les oxydes à paramètres élevés comme des solutions solides de fer dans FeO et ceux à paramètres inférieurs comme plus proches du protoxyde pur.

Sous l'influence de Fe^3O^4 le paramètre décroît jusqu'à la valeur limite

$a = 4,2820$ Å. Nous considérons que cette valeur représente le paramètre réel du protoxyde de fer, car on l'obtient quelle que soit la température de recuit, et elle se retrouve dans les produits obtenus à la suite de trempes particulièrement rapides. Nous avons constaté que le coefficient d'aimantation prenait alors une valeur minima voisine de $\chi = 100.10^{-6}$ C.G.S.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence de l'anhydride chloreux.* Note de MM. **C. F. Goodeve** et **F. D. Richardson**, présentée par M. Jean Perrin.

M. Kantzer (¹) décrit la préparation de Cl^2O^3, dont on n'avait plus parlé depuis un demi-siècle environ.

En 1842 déjà, N. A. E. Millon (²) prétendit à l'existence de cet oxyde; il fut ensuite, soi-disant, préparé par un grand nombre d'expérimentateurs qui obtinrent pour ce gaz des densités très variables. W. A. Miller (³) en 1845 et D. Gernez (⁴) en 1872 montrèrent que le spectre d'absorption de ce prétendu Cl^2O^3 correspondait exactement à celui du dioxyde de chlore. En 1881, K. Gazarolli-Thurnlackh (⁵) montrèrent, en mesurant le volume des gaz obtenus dans la décomposition de l'oxyde, qu'il ne s'agissait pas de Cl^2O^3. On arriva, par conséquent, à la conclusion qu'il s'agissait toujours d'un mélange de dioxyde, d'oxygène et de chlore, contenant aussi un peu de dioxyde de carbone quand une matière organique avait été utilisée pour la réduction.

Kantzer aurait maintenant préparé Cl^2O^3 par l'action de l'acide sulfurique concentré sur un mélange de chlorate de potassium et d'acide undécylénique, à $-15°$. Selon cet auteur, l'étude spectroscopique des produits gazeux de la réaction met en évidence la présence de Cl^2O^3. Vu que nous avons essayé, en vain plusieurs fois, de préparer cet oxyde par l'action d'acide sulfurique ou phosphorique concentré sur le chlorite de baryum à basse température, le travail de Kantzer nous a vivement intéressés et nous avons tenté de le reproduire.

Nous n'avons pas pu répéter l'expérience à $-15°$, car, à cette température, le mélange d'acide undécylénique et de chlorate faisait explosion lorsqu'on y ajoutait, même goutte à goutte, l'acide sulfurique. A $-78°$, il

---

(¹) *Comptes rendus*, **145**, 1936, p. 158.
(²) *Ann. Chim. Phys.*, 3ᵉ série, **7**, 1843, p. 331; *Lieb. Ann.*, **46**, 1843, p. 302.
(³) *Phil. Mag.*, 3ᵉ série, **27**, 1845, p. 87.
(⁴) *Comptes rendus*, **74**, 1872, p. 804.
(⁵) *Lieb. Ann.*, **209**, 1881, p. 184; *Ber. d. chem. Ges.*, **14**, 1881, p. 28.

en était de même lorsque les substances solides étaient pures; par contre la réaction s'effectuait plus tranquillement lorsqu'elles étaient mélangées à quatre fois leur poids de silice en poudre. La préparation était effectuée dans le vide et les produits de la réaction condensés dans un tube plongeant dans de l'air liquide. Le produit solide était homogène et jaune clair comme le dioxyde. Il fut tout d'abord distillé dans un autre tube, puis évaporé dans un tube de 16^{cm} de long et examiné au moyen d'un spectroscope.

Lorsque la pression du gaz était faible, l'absorption ne dépassait pas 4180 Å, mais lorsque la pression était progressivement augmentée, des bandes de plus en plus larges apparaissaient jusqu'à 4260 Å, de sorte que le spectre apparaissait finalement continu depuis cette longueur d'onde jusqu'à 2800 Å. Les longueurs d'onde des bandes comprises entre 4260 et 4650 Å, identiques à celles des bandes que Kantzer attribue à Cl^2O^3, se trouvèrent identiques aussi à celles des bandes principales de ClO^2 étudiées par B. Kabitz (6), H. Mayer (7), C. F. Goodeve et C. P. Stein (8), W. Finkelnberg et H. J. Schumacher (9) et H. C. Urey et H. Johnston (10). Cependant, quelques-unes de celles-ci manquent dans la liste de Kantzer. D'autre part notre substance ne contenait pas Cl^2O^7, qui, d'après Kantzer, devrait se former en même temps que Cl^2O^3. Selon cet auteur, l'heptoxyde devrait également se former dans la réaction *classique* de l'acide sulfurique concentré sur le chlorate de potassium; cependant, malgré un grand nombre d'essais, nous n'avons pu déceler la formation de ce composé dans cette réaction.

Il semble donc qu'une fois de plus le dioxyde de chlore a été pris pour l'anhydride chloreux.

(6) *Diss. Bonn.*, 1905.
(7) *Zeit. physik. Chem.*, **113**, 1924, p. 220.
(8) *Trans. Far. Soc.*, 25, 1929, p. 738.
(9) *Zeit. physik. Chem.*, Bodenstein Festband, 1931, p. 704.
(10) *Physical Rev.*, 38, 1931, p. 2131.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le mécanisme de décomposition de la cémentite pure par les acides.* Note (¹) de MM. **Alexandre Travers** et **Robert Diebold**, présentée par M. Robert Lespieau.

Nous avons indiqué (²) un mode de préparation de la cémentite pure, et fait connaître quelques-unes de ses propriétés.

Nous exposerons aujourd'hui les raisons probables de la présence du carbone libre dans le résidu d'attaque de Fe^3C par les acides, et le mécanisme de cette attaque.

Schenck (³) et ses collaborateurs, dans deux importants mémoires, ont signalé, dans les produits d'attaque acide « d'alliages ferreux métallographiquement définis », la présence de *carbone libre* et indiqué la proportion du carbone total du carbure, libérée sous cette forme : celle-ci peut atteindre jusqu'à 78 pour 100. Il ne s'agit pas d'un produit de réaction « accidentel », mais bien d'un des produits les plus importants de la réaction.

Le même auteur a montré qu'on obtenait en même temps un dégagement de carbures d'hydrogène gazeux, qu'il a soumis à une analyse très soignée. Ces carbures appartiennent surtout à la série *oléfinique* (3 à 4 pour 100 seulement du carbone total sont sous la forme de carbures saturés, CH^4, C^2H^6).

Pour expliquer la présence de C libre, Schenck suppose que la réaction de dissociation du méthane est encore possible à la température de l'attaque (voisine de 100°).

Il est curieux qu'il fasse jouer exclusivement au méthane un rôle particulier, alors que ce gaz ne représente qu'une faible fraction de la phase hybrocarbures, et que le *propylène* intervient pour plus de 50 pour 100. D'ailleurs l'extrapolation de l'équilibre



$$CH^4 \rightleftharpoons C + 2H^2$$

jusque vers 100°, paraît bien discutable.

Puisque dans la phase hydrocarbure on observe surtout des oléfines, on

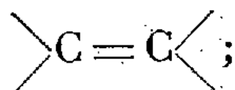
---

(¹) Séance du 26 octobre 1937.

(²) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 797.

(³) Schenck, *Z. anorg. Chem.*, **127**, 1923, p. 101.

doit retrouver dans le carbure Fe^3C la structure oléfinique, c'est-à-dire la double liaison



la formule du carbure n'est donc certainement pas Fe^3C, mais un polymère $(Fe^3C)^n$. L'éthylène ne se polymérisant pas à la pression et à la température ordinaires, et ne donnant d'ailleurs que des carbures à nombre pair d'atomes de carbone, on ne peut admettre $(Fe^3C)^2$, formule supposée par Campbell (⁴). Il est plus logique de penser que l'attaque donne *directement des oléfines de rang élevé* (hexène, octène par exemple), mais leur cracking à *basse* température est évidemment un peu surprenant.

La nature des oléfines dégagées paraît donc encore difficile à expliquer. Peut-on par contre interpréter le carbone libre? Nous le pensons.

La réaction *primaire* serait la suivante :

1° dissolution du fer et obtention d'un résidu carboné, renfermant le squelette éthylénique $>C=C<$;

2° l'hydrogène dégagé remplacerait les valences du fer, et ne saturerait que très incomplètement la double liaison, en *raison de l'absence de catalyseurs*.

Son activité décroîtrait à mesure que le pH augmente (explication de l'effet dû à l'accroissement de concentration en ions Fe). En présence d'oxydants faibles, à réaction acide, l'hydrogène serait brûlé *sélectivement*, et le squelette carboné resterait libre.

On expliquerait ainsi

1° le rôle des sels ferriques, signalé par Schenck;

2° le rôle du réactif de Carnot et Goutal (⁵), $(CuCl^2.2KCl)$, employé dans le dosage du carbone total dans les aciers : *tout* le carbone du carbure est libéré dans l'attaque;

3° le rôle de $HgCl^2$, la réaction dans ce cas ne va pas jusqu'au bout, à cause du dépôt de HgCl qui recouvre Fe^3C.

AsO^4H^3, CrO^3 ne peuvent être employés comme acides oxydants, car ils *passivent* le carbure, comme PO^4H^3.

Remarque sur le carbone libre obtenu. — Le C libre qui accompagne la désagrégation du carbure par les acides présente des propriétés *adsor-*

(⁴) CAMPBELL, *Amer. Chem. J.*, 18, 1895, p. 836.

(⁵) CARNOT et GOUTAL, *Comptes rendus*, 124, 1897, p. 75; 125, 1897, p. 148 et 213.

bantes tout à fait remarquables : il adsorbe 20 pour 100 d'eau, 15 pour 100 d'iode en poids, et présente à ce point de vue une supériorité très nette sur les charbons *actifs* ordinaires. On ne peut lui enlever complètement l'eau adsorbée qu'en le chauffant dans un courant d'azote à 600°.

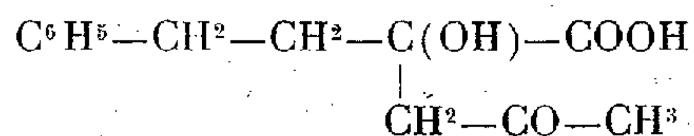
De cette étude de la réaction des *acides* sur la cémentite, il *résulte qu'il est impossible de doser chimiquement la cémentite dans un métal ferreux, par dissolution sélective du fer* : le carbure est toujours attaqué, avec libération de carbone, en même temps qu'il se dégage des carbures gazeux. Il se comporte, en partie du moins, comme un mélange de carbone et de fer, c'est-à-dire comme les produits de sa dissociation. Ceci fait songer au travail récent de Kotaro Honda ([6]) d'après lequel la cémentite ne serait pas stable à la température ordinaire, contrairement à l'opinion admise, et n'atteindrait son domaine de stabilité vraie qu'à température supérieure à 940°.

Seules les méthodes physiques sont susceptibles, à l'heure actuelle du moins, de donner un dosage de Fe^3C. C'est le cas de la méthode dilatométrique indiquée par M. Chevenard ([7]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'acétone avec l'acide phénylpyruvique.* Note de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Auguste Béhal.

Poursuivant nos recherches sur le comportement de l'acide phénylpyruvique vis-à-vis des corps possédant un groupement carbonyle, nous nous sommes proposé d'étudier l'action de l'acétone sur cet acide α-cétonique.

Au cours d'une étude approfondie de l'acide benzylpyruvique, M. J. Bougault ([1]) a montré, en particulier, que cet acide se condense aisément avec l'acétone pour donner naissance à un acide alcool cétonique dont la structure répond à la formule



$$C^6H^5{-}CH^2{-}CH^2{-}\underset{\displaystyle CH^2{-}CO{-}CH^3}{\underset{|}{C}}(OH){-}COOH$$

([6]) Kotaro Honda, *Sc. Rep. Tohoku*, 25, 1936, p. 2026.

([7]) Chevenard, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 1005.

([1]) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 477; *Journ. Ph. Ch.*, 7e série, 6, 1912, p. 343.

Ce corps donne facilement naissance, par déshydratation, à un acide cétonique éthylénique.

Il nous a semblé d'autant plus intéressant d'examiner l'action de l'acide phénylpyruvique comparativement à celle de l'acide benzylpyruvique.

I. Nous avons d'abord essayé la condensation en présence de potasse; nous avons utilisé l'acide phénylpyruvique sous la forme de sel de sodium, les meilleurs résultats ont été obtenus en mettant en réaction 1^{mol} de phénylpyruvate de sodium, un excès d'acétone (4^{mol}) et 2^{mol} de potasse, en milieu aqueux; la condensation est réalisée à la température du laboratoire et on laisse en contact huit jours.

Par la suite nous avons remplacé la potasse par le carbonate de potassium et avons de la sorte doublé le rendement. Dans ce cas nous mettons en contact 1^{mol} de phénylpyruvate de sodium avec 5^{mol} d'acétone, en présence de 1^{mol} de carbonate de potassium, nous opérons en milieu aqueux et abandonnons quatre jours à la température du laboratoire.

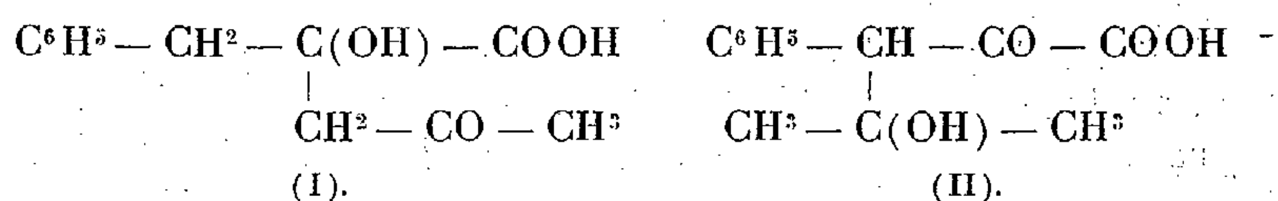
Pour isoler le composé formé nous avons suivi le mode opératoire suivant : le mélange réactionnel est traité par un excès d'acide chlorhydrique et épuisé par l'éther, la solution éthérée est agitée avec une solution de carbonate de sodium qui sépare les composés acides que l'on extrait par l'éther après acidification, l'éther est distillé et le résidu obtenu est constitué par le mélange de l'acide phénylpyruvique et de l'acide formé au cours de la réaction.

Nous avons utilisé pour la séparation de ces deux corps la propriété de l'acide phénylpyruvique de donner facilement une combinaison bisulfitique (²); en conséquence le résidu précédent est traité par une solution de sulfite neutre de sodium et la solution aqueuse obtenue est acidifiée par de l'acide chlorhydrique et agitée avec de l'éther qui isole l'acide non combiné au bisulfite. Après distillation et séchage du résidu dans le vide sulfurique on obtient un amas cristallin qui est purifié avantageusement par le benzène où il est peu soluble à froid et très soluble à chaud.

Le produit ainsi obtenu fond nettement à 105°; ce corps est très soluble dans l'eau, très soluble dans l'éther, insoluble dans l'éther de pétrole. La détermination du poids moléculaire par acidimétrie donne une valeur comparable à celle d'un acide contenant une molécule d'acide phénylpyruvique et une molécule d'acétone (P. M. trouvé 221; théorique 222).

(²) Mlle HEMMERLÉ, *Thèse de Doctorat en Pharmacie*, Paris, 1917, p. 12.

Nous pouvons lui attribuer l'une des deux formules

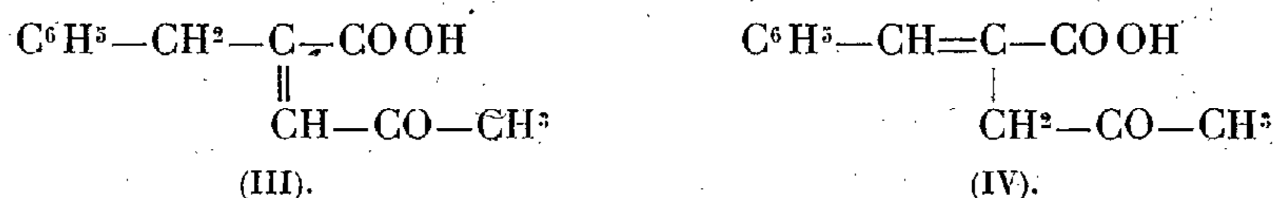


La structure représentée par le schéma (II) suppose la présence d'une fonction alcool tertiaire placé en γ par rapport au carboxyle, elle permet donc de prévoir la formation aisée d'une lactone; au contraire le schéma (I) laisse entrevoir la transformation facile en acide éthylénique; les faits suivants sont en faveur de la structure représentée par la formule (I).

II. Nous avons essayé l'action déshydratante de l'acide chlorhydrique en milieu acétique, réactif qui réalise particulièrement bien la déshydratation de l'acide acétone-benzylpyruvique, obtenu par M. J. Bougault, en acide cétonique éthylénique [3].

La réaction conduit aisément à un acide éthylénique, peu soluble dans l'eau, se présentant en belles aiguilles cristallines, fondant à 93°.

Le poids moléculaire déterminé acidimétriquement correspond à celui d'un acide dont la structure répond au schéma (III) ou (IV) (chiffre trouvé 203,5; chiffre théorique 204)



Nous poursuivons actuellement l'étude de ce composé de façon à préciser la place de la double liaison.

Conclusion. — Comme son homologue supérieur, l'acide phénylpyruvique se condense avec l'acétone en donnant un acide alcool cétonique facilement déshydraté en acide cétonique éthylénique.

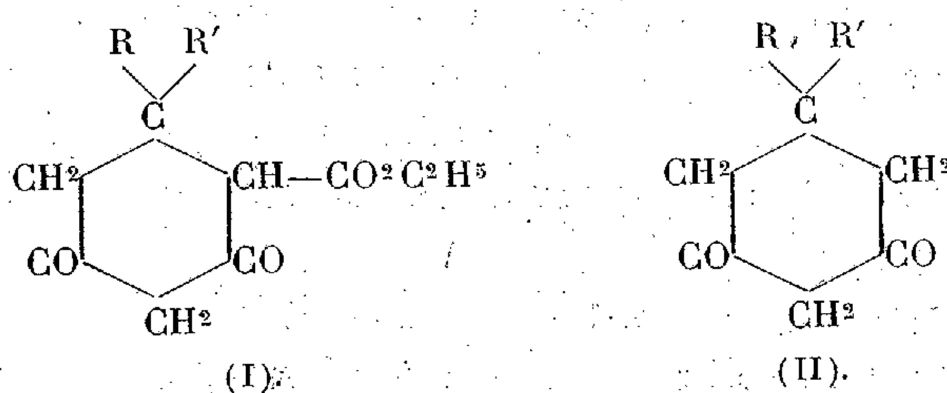
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'un dérivé de l'oxy-hydroquinone.* Note de M. **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'éther malonique se condense avec les cétones éthyléniques de formules générales $RR'C:CH.CO.CH^3$. Cette condensation a été

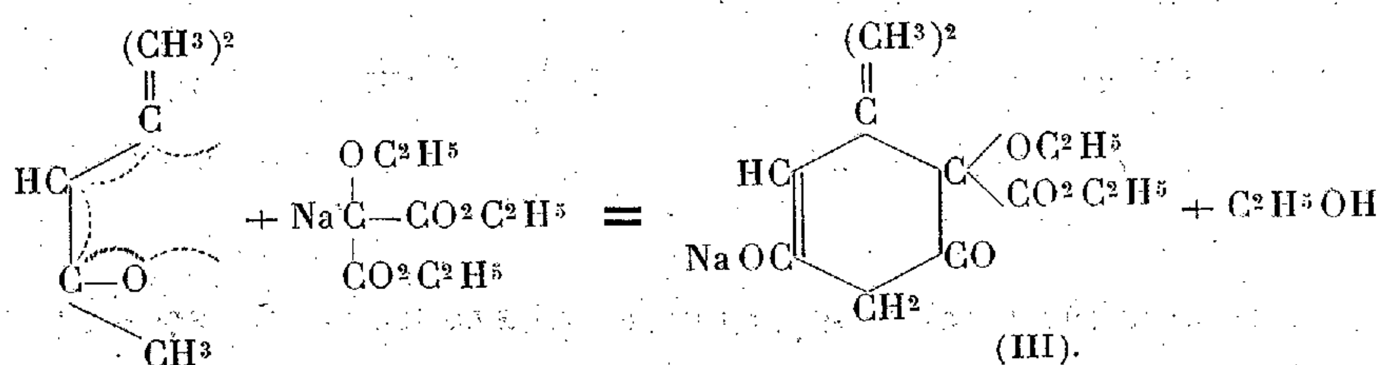
([3]) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 477; *Journ. Ph. Ch.*, 7e série, 6, 1912, p. 343.

étudiée en particulier par Vorlander [1], Crossley [2], puis par Komppa [3] qui s'en est servi pour préparer l'acide diméthyl-glutarique avec lequel il a réalisé la synthèse du camphre.

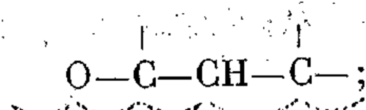
Ces différents auteurs ont montré que l'addition de l'éther malonique sur la double liaison de la cétone éthylénique est suivie d'une cyclisation, et l'on obtient finalement des homologues de l'éther dihydro-résorcilique de formule (I) qui se transforment par saponification, puis décarboxylation de l'acide obtenu en homologues de la dihydrorésorcine ou cyclohexane-dione de formule (II).



J'ai réalisé de la même façon la condensation de l'éther éthoxymalonique sodé avec l'oxyde de mésityle; la réaction s'écrit



Le sodium d'une part, le reste —C(OC²H⁵)(CO²C²H⁵)² d'autre part, se fixent aux deux extrémités de la double liaison conjuguée



le composé d'addition qui en résulte se cyclise immédiatement avec élimination d'une molécule d'alcool pour donner le dérivé sodé (III). En décomposant (III) par un acide, on obtient l'éther éthoxydiméthylrésorcilique qui peut prendre la forme dicétonique (IV) ou la forme cétoénolique (V).

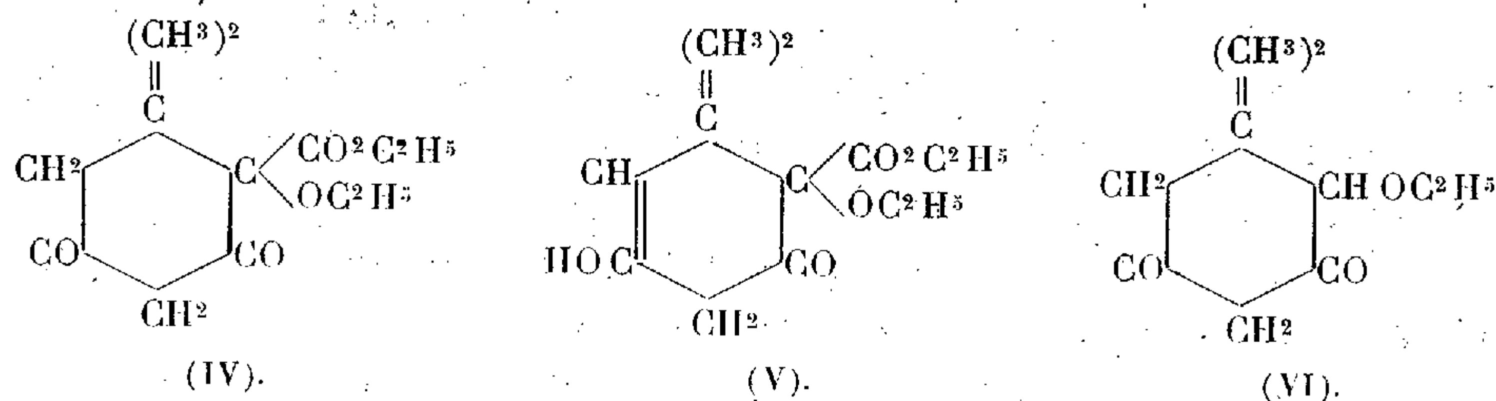
---

(1) *Liebigs Annalen*, **294**, 1897, p. 300.

(2) *J. Chem. Soc. London*, **5**, 1889, p. 773.

(3) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, **32**, 1889, p. 1442.

En particulier, c'est la forme (V) qui réagit sur la semi-carbazide pour donner une mono-semi-carbazone. On obtient enfin l'éthoxydiméthyl-dihydrorésorcine ou éthoxydimédone de formule (VI) par saponification



de (V) et décarboxylation de l'acide obtenu.

Partie expérimentale. — Pour réaliser la condensation, on prépare 1^{mol} de dérivé sodé de l'éther éthoxy-malonique en suspension dans un mélange constitué par 8 parties de toluène et 2 parties d'alcool absolu et l'on y ajoute $1^{mol},1$ d'oxyde de mesityle. La préparation est mise dans un flacon soigneusement bouché et laissée pendant 15 jours à la température du laboratoire, puis on la chauffe pendant 8 jours à 50°.

Elle est ensuite traitée et l'on obtient l'éther IV sous forme d'un liquide visqueux jaune d'or qui bout à 126° sous 2^{mm} et qui donne une mono-semi-carbazone fondant à 236° au bloc Maquenne après recristallisation dans l'alcool méthylique.

La saponification se fait très difficilement; il faut mettre environ 6^{mol} de soude pour 1^{mol} d'éther. L'acide diméthyl-éthoxy-résorcilique obtenu se décarboxyle pendant la saponification et l'on obtient l'éthoxy-dimédone (VI) qui bout à 111-112° sous $2^{mm},5$. On la purifie en la dissolvant dans le benzène et en la reprécipitant par addition d'éther de pétrole. Elle fond à 85°,5.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Cristallisation du silicotungstate d'ecgonine.* (*Enregistrement cinématographique*). Note de MM. **René Hazard**, **Jean Comandon** et **Pierre de Fonbrune**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le silicotungstate d'ecgonine, d'aspect amorphe au moment de sa formation, subit ensuite, en quelques minutes, sans que rien n'ait été changé aux conditions physicochimiques primitives du milieu, une transformation en produit cristallisé qu'il est intéressant de suivre au microscope et à

l'ultramicroscope. Le cinématographe permet d'en saisir mieux encore les phases successives.

Ce silicotungstate étant relativement soluble, on doit le précipiter en liqueur assez concentrée : on ajoute à 1^{cm^3} d'une solution d'ecgonine à 1 pour 100, 1^{cm^3} d'une solution à 2 pour 100 d'acide chlorhydrique des laboratoires; on verse dans la liqueur 1^{cm^3} d'une solution à 10 pour 100 d'acide silicotungstique (réactif de G. Bertrand). Il se fait aussitôt un précipité amorphe, formé de sortes de grains de sable très fins.

Après quelques minutes, on constate qu'il s'est fait par places, au milieu du sable opaque, de fines aiguilles cristallines. Ces aiguilles occupent la partie centrale d'une sorte de plage claire dont la périphérie est bordée par les grains de sable qu'une phase liquide sépare des aiguilles. On voit celles-ci s'accroître, se prolonger peu à peu dans tous les sens, produisant en lumière normale les colorations multiples des lames minces. A leur voisinage et sur tous les plans, les grains se détachent progressivement de la masse et, entraînés vers les aiguilles, s'amenuisent et se dissolvent dans la phase liquide. Les aiguilles continuent à progresser avec régularité dans la masse granuleuse qui finalement disparaît totalement.

Tout se passe comme si la formation des aiguilles désaturait la phase liquide, permettant à celle-ci de dissoudre (dissolution qui entraîne les mouvements des grains) une nouvelle quantité du composé amorphe et de servir de liquide nourricier pour les aiguilles.

La transformation que l'on vient de décrire n'est pas la seule à laquelle on peut assister. Dans la masse amorphe se sont formés, en plus des aiguilles, et en petit nombre, des cristaux très réfringents dont il est difficile de préciser le système cristallin. Ces cristaux, entourés également d'une plage claire, s'accroissent eux aussi, mais lentement, aux dépens des grains amorphes.

Ils ne représentent pas, ainsi qu'on pourrait le croire, une forme stable du silicotungstate. En effet, lorsqu'une aiguille passe à leur proximité, on les voit subir une destruction progressive : leurs arêtes perdent de leur netteté, leur masse s'opacifie et se dissocie en particules. Celles-ci, comme les grains, se dissolvent progressivement et disparaissent tandis que les aiguilles continuent à s'accroître.

Lorsque l'on opère la précipitation du silicotungstate d'ecgonine dans des conditions de milieu différentes (en ajoutant à 1^{cm^3} de solution d'ecgonine à $0^g,5$ pour 100, 1^{cm^3} de réactif de G. Bertrand), il se fait à partir des grains amorphes qui semblent leur donner naissance directement, des

sortes de cristaux cunéiformes qui subissent la transformation en aiguilles par un processus de fragmentation et de dissolution analogue à celui qui a été décrit ci-dessus pour les cristaux.

Il semble donc qu'à partir d'une forme amorphe instable puissent naître deux formes cristallines : l'une de stabilité relative (cristaux); l'autre de stabilité absolue (aiguilles cristallines). L'enregistrement cinématographique permet de suivre les phénomènes de fragmentation et de dissolution du composé le moins stable qui précèdent la formation des cristaux.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Rhétien à* Avicula contorta *Portl. dans la chaîne du Djurdjura.* Note de M. **Alexis Lambert**, transmise par M. Charles Jacob.

Des recherches effectuées au cours de l'été 1937 dans la série des dépôts jurassiques de la chaîne du Djurdjura m'ont donné l'occasion de découvrir plusieurs horizons fossilifères qui permettront de préciser prochainement la stratigraphie de ces terrains.

Parmi ces découvertes, celle d'*Avicula contorta* Portl. m'a paru particulièrement intéressante étant donné la rareté, dans toute l'Afrique du Nord, de ce fossile caractéristique.

Jusqu'à présent le Rhétien certain était inconnu tant en Algérie qu'en Tunisie. Les couches attribuées à cet étage par G. B. M. Flamand, dans la région de Tifrit en Oranie, ont dû être en effet rajeunies à la suite de l'étude récente entreprise en ce point par M. G. Dubar ([1]).

Au Maroc le Rhétien avait été signalé par L. Gentil à El Aoudj, dans les Rehamna ([2]).

En l'absence de fossile tout à fait caractéristique, il est possible que cette attribution ne soit pas entièrement justifiée. Par contre le Rhétien certain à *Avicula contorta* est connu dans le Rif, où il a été signalé par MM. A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot ([3]).

Cette localisation d'*Avicula contorta* en deux régions du Moghreb aussi éloignées l'une de l'autre, mais appartenant toutes deux à une même unité

---

(1) *Sur le Lias de Tifrit* (*C. R. Soc. Géol. France*, fasc. 8-9, 1932, p. 106-108).

(2) L. Gentil, *Notice sur les Titres et Travaux scientifiques*, Paris, 1918.

(3) *Observations géologiques sur le nord-ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, 30, fasc. 7, p. 659-735).

paléogéographique (*Zone I* de L. Glangeaud, *bourrelet liminaire africain* de P. Fallot), paraît intéressante à souligner.

Les échantillons d'*Avicula contorta* découverts dans le Djurdjura proviennent du versant nord-est du Tamgout de Lalla Khredidja, dans la vallée des Aït Ouabane. Ils ont été recueillis au nord-ouest du point 1.676, dans des calcaires jaunâtres apparaissant dans le talus de la route touristique de Tizi n'Kouilal à Tirourda. Leur détermination m'a été confirmée par M. A. Lanquine.

Dans la région où ces fossiles ont été récoltés, la succession des assises inférieures du Lias est assez difficile à établir. Une coupe très nette peut être relevée par contre non loin de là, le long de la piste de Tizi n'Kouilal à Tikjda. Au-dessus des derniers bancs de grès rouges du Permien (ou Permo-Trias?) on observe en ce point :

1° 20^m de cargneules jaunâtres;
2° 10 à 15^m de dolomies pulvérulentes;
3° 4 à 5^m de cargneules;
4° $1^m,50$ de calcaire gréseux;
5° 20^m de calcaires dolomitisés, en bancs de $0^m,50$ à 1^m, parfois oolithiques, avec intercalations d'argiles vertes.

C'est dans la partie supérieure de cet ensemble, appelé Infralias par Ficheur, que se placent les calcaires jaunâtres à *Avicula contorta* de la vallée des Aït Ouabane.

Il est possible de penser, dans ces conditions, que les termes inférieurs (1, 2 et 3) de cette série dite infraliasique appartiendraient peut-être encore au Trias, dont le faciès serait ici moins franchement lagunaire que dans les autres régions de l'Algérie.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur l'origine de l'or dans les confins guinéo-soudanais et dans l'ancienne Haute-Volta.* Note de MM. **Jean Sagatzky** et **Rostislav Goloubinow**.

M. Pierre Legoux [1], reprenant une idée exprimée par l'un de nous [2] et n'ayant qu'une valeur strictement locale, a cherché à étendre l'hypo-

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2164.
(2) Rostislav Goloubinow, *Géologie et ressources en or du Nord-Est de la Guinée française. Thèse,* Nancy, 1936.

thèse de l'origine granitique de l'or à toute la région de Siguiri, voire à toute l'A. O. F. (Afrique Occidentale Française). D'après la documentation qu'il a consultée, la relation des gisements aurifères avec des roches basiques serait exceptionnelle et il tend à relier la métallogénie de l'or en A. O. F. à des venues magnétiques acides.

Jugeant la valeur d'une hypothèse métallogénique d'après les résultats matériels que donne son application à la prospection minière, nous avons cru utile de préciser notre point de vue, qui est différent.

La relation d'un groupe de gisements aurifères avec une roche éruptive peut être établie par deux méthodes, savoir : 1° par des preuves indirectes ; 2° par la prospection géochimique différentielle.

I. *Les preuves indirectes* sont soit l'absence ou la présence d'indices d'or dans les terrains en liaison avec la roche éruptive (filons, éluvions, alluvions, latérites), soit le groupement ou l'enrichissement des gisements autour des affleurements de la roche mère supposée. C'est surtout d'elles que nous ferons état ici. Nous basant sur un total de plus de 15 ans d'expérience et de plusieurs milliers d'essais à la batée dans les régions étudiées, nous croyons pouvoir apporter à cet égard les conclusions suivantes.

a. Les latérites adhérentes aux sommets de montagnes de roches basiques (dolérites récentes, gabbros anciens etc.) et en provenant donc exclusivement, contiennent parfois des traces d'or décelables à la batée. Dans les mêmes circonstances, les latérites des granites n'en contiennent pas.

b. Il y a des alluvions aurifères dans les ruisseaux coulant exclusivement sur des roches basiques anciennes. Par contre, les concentrés alluvionnaires des régions exclusivement granitiques sont stériles et, quelquefois seulement, faiblement minéralisées.

c. Il y a des gisements d'or éluvionnaires et filoniens irréguliers sur ou dans certaines roches basiques. De tels gisements sont très rares dans les granites et se localisent alors dans les granites écrasés, à proximité du contact avec des schistes ou des roches basiques. L'examen du groupe de filonnets donne l'impression qu'ils ne naissent pas dans le granite, mais plutôt dans la profondeur du pays schisteux, recoupé par des roches basiques, et viennent mourir dans le granite.

d. Les roches basiques sont souvent riches en pyrite et en chalcopyrite. La présence de cette dernière dans la minéralisation filonienne des schistes

coïncide avec l'apparition de teneurs d'or intéressantes dans le même réseau filonien. Les sulfures deviennent rares dans les régions granitiques, surtout quand on s'éloigne des zones de contact avec les roches basiques. La minéralisation granitique est généralement d'un type moins profond (Bi, As, Sb, Sn, F, C). Des filons présentant ce type de minéralisation existent dans les régions schisteuses, mais sont d'habitude pauvres ou stériles.

e. Les concentrés alluvionnaires et éluvionnaires dans les régions schisteuses ne montrent en général aucun enrichissement certain près du contact avec les granites. Par contre, au voisinage des roches basiques il y a souvent un enrichissement en or (surtout en Haute-Volta).

II. On peut suivre le phénomène gîte aurifère en lui-même par la *prospection géochimique différentielle* des roches mères possibles ([3]). Dans une région métallogénique donnée, la roche éruptive qui contient d'une façon normale et constante la plus grande teneur en or est la roche mère des gisements du voisinage. Les abaissements de la teneur de la roche, riche ailleurs, dénotent le départ de l'or qui, véhiculé par des solutions hydrothermales, est allé se déposer plus loin, dans des roches (imprégnations) ou des cassures (filons). Nous avons obtenu les résultats d'une telle prospection, dont les conclusions confirment et précisent celles fournies par la prospection à la batée.

En résumé, dans l'ancienne Haute-Volta et les confins guinéo-soudanais, l'or semble être en relation avec plusieurs venues éruptives, d'âge et de composition différents, parmi lesquelles les gabbros et roches vertes anciennes du Birrimien supérieur d'une part, et certaines dolérites récentes d'autre part, tiennent une place prépondérante. La relation métallogénique de l'or avec les granites y est plutôt exceptionnelle et n'a quelques chances de s'observer que dans certaines provinces telles que le Ménien et le Bourré occidental, une partie de la région aurifère de Bamako, et de rares gisements isolés en Haute-Volta. La notion de cette relation ne peut donc être étendue ni à l'ensemble des confins guinéo-soudanais, ni surtout à toute l'A. O. F.

([3]) Vsévolod Goloubinow, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1075.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la composition chimique des* Triticum, *des* Ægilops *et de leurs hybrides*. Note de M. **Emile Miège**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Parmi les espèces croissant au Maroc, nous avons examiné, au point de vue de leur croisement, *Ægilops ovata* L. var. *nigra* B. R. et *typica* Eig., *Æ. triuncialis* L. ssp., *Æ. triaristata* Willd. var. *typica* Eig. et, dans les deux premières, des échantillons recueillis dans des localités nettement différentes (Fès, Ouezzane, Ifrane, Rabat), puis *Haynaldia villosa* (L.) Schur. Nous les avons comparées à deux variétés de blé : *Triticum durum* Desf. var. *melanopus* K. (n° 250) et *Triticum vulgare* H. var *albo-rubrum* K. (n° 422), cultivées dans les mêmes régions, ainsi qu'aux hybrides de ceux-ci ♂ avec *Æ. ovata* var. *nigra* ♀. Il en résulte que :

1° Les genres *Triticum*, *Haynaldia* et *Ægilops*, bien que très voisins du point de vue botanique, sont nettement séparés par la composition chimique de leurs grains entiers décortiqués ou de leurs farines uniformément extraites à 50 pour 100. L'analyse (humidité, cendres, taux d'azote et de gluten, matières amylacées, sucres et matières grasses) révèle que les différences de composition, assez faibles entre les espèces spontanées, deviennent importantes lorsqu'on compare celles-ci aux blés cultivés. Elles affectent principalement le taux des matières minérales, de l'azote et du gluten, beaucoup plus élevé dans *Haynaldia* et *Ægilops* que dans *Triticum* où, par contre, les matières amylacées sont plus abondantes.

2° Cette composition moyenne est assez inégale, dans un même genre, suivant les espèces et les variétés considérées, comme aussi selon leur origine géographique.

3° La descendance de ces hybrides est profondément influencée par le géniteur *Ægilops*. La (F3) est, en effet, caractérisée par un taux d'humidité intermédiaire entre ceux des parents, une teneur en cendre (2,24 et 2,45) beaucoup plus voisine de celle d'*Ægilops* (2,59) que de *Triticum* (1,3 et 1,27), un pourcentage d'azote (3,35 et 2,97) et de gluten (19,10 et 18,45) se rapprochant également davantage de celui de l'espèce sauvage (4,02 et 21,5) que des blés (2,11 et 1,82, 12,1 et 11,71), une proportion de matières grasses (1,70 et 2,24) plus forte que dans ces derniers (1,53-1,70); seules les matières amylacées échappent à cette règle

et sont plus abondantes dans la descendance (73,7 et 69,6) que dans les deux parents.

En (F4), où les caractères morphologiques inclinent vers ceux des *Triticum*, cette influence prépondérante d'*Ægilops* subsiste encore nettement, mais tend à s'atténuer, sauf pour l'humidité. Les résultats diffèrent quelque peu selon qu'il s'agit des hybrides de *T. durum* ou de *T. vulgare*. Alors que, dans ces derniers, la proportion de tous les constituants examinés diminue et se rapproche ainsi, légèrement, de celle des blés tendres, elle augmente, au contraire faiblement (sauf pour l'azote), dans la descendance des blés durs. En effet, alors que le taux des cendres passe, respectivement, de 2,24 et 2,45 à 2,18 et 2,35 dans les (F3) et (F4) des deux catégories, celui de l'azote s'abaisse de 3,35 à 3,09 dans la descendance de *T. vulgare* et s'élève de 2,977 à 3,155 dans celle de *T. durum*; de même, la teneur en amidon passe de 73,7 à 71,2 dans la première, et de 69,6 à 71,5 dans la seconde.

En résumé, j'ai constaté le comportement récessif des caractères : faible teneur en matières minérales et en azote; puis l'influence dominante du géniteur *Ægilops*. Ces résultats s'accordent avec ceux de P. Shibaev dans les croisements *Agropyrum* × *Triticum* (1) et de Mme Sosa-Bourdouil avec *Zea* × *Euchlæna* (2) et confirment la tendance nette de ces hybrides vers le type sauvage et ancestral.

GÉNÉTIQUE. — *Nouveaux hybrides pentaploïdes chez les Iris des jardins (I. germanica hort.).* Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Chez les Iris des jardins (*I. germanica* hort.), la pentaploïdie est un phénomène rare. Le premier, en 1932 (1), nous avons signalé que l'*I. magnifica*, à $2n = 60$, se comporte ainsi dans la série polyploïde qui caractérise ce groupe d'Iris (*Pogoniris*) : $2n = 24$ (diploïde), $2n = 36$ (triploïde), $2n = 48$ (tétraploïde) et $2n = 60$ (pentaploïde). Depuis, M. F.

(1) *Journ. Americ. Soc. Agron.*, 14, 1937, p. 437.

(2) C. Sosa-Bourdouil et E. Miège, *Bull. biolog. France et Belgique*, 70, 1936, p. 358.

(1) *Bull. biol. France et Belgique*, 66, 1932, p. 255-446.

Randolph, en 1934 ([2]), a fait connaître qu'une autre variété, l'*I. rhea* est également pentaploïde. Tous deux sont issus d'un semis naturel de l'*I. isoline* (Vilm.), type triploïde à $2n = 36$, le premier, obtenu en France, par Vilmorin (1921), le second, aux États-Unis, par Williamson (1928). De plus, la possibilité que nous avons eu de trouver l'origine de l'*I. magnifica* sur les cahiers de semis Vilmorin, nous a permis de suggérer, lors de l'étude de cette variété, que celle-ci devait être apparue après duplicature de la garniture chromosomique ♀, à la suite d'une fécondation illégitime d'un type tétraploïde, en l'occurrence l'*I. cypriana* : $2n = 36$ ♀ et $n = 24$ ♂ : $2n = 60$.

La découverte de variétés à polyploïdie aussi élevée est particulièrement intéressante en ce sens que chez les Iris des jardins, il y a, comme nous l'avons signalé, un rapport étroit entre la quantité de substance chromatique, le volume des cellules et le gigantisme des plantes; en effet, l'*I. magnifica* est, parmi les variétés que nous avons étudiées, celle dont les cellules sont les plus volumineuses et elle possède les inflorescences, les feuilles et les fleurs les plus grandes. L'emploi de cette variété comme géniteur semblait particulièrement indiqué, sans oublier cependant que les types pentaploïdes, par leur garniture chromosomique non équilibrée, donnent une descendance fort variable; mais l'*I. magnifica* s'est révélé complètement autostérile.

Néanmoins, pour tenter d'accroître la polyploïdie des Iris des jardins, et par suite leur gigantisme, nous avons essayé de croiser cette plante avec les formes tétraploïdes ; nous n'avons obtenu, comme Randolph d'ailleurs, que des types à polyploïdie plus ou moins intermédiaire à $2n = 49$, 50, 51, 50, 52, 53 et 54.

Toutefois, de nouveaux espoirs furent permis en redécouvrant une variété pentaploïde, hyperpentaploïde même, avec l'*I. Docteur Chobaut* à $2n = 63$, obtenu il y a quelques années par F. Denis d'un semis inconnu. De même que C. Nicholls ([3]), aux États-Unis, s'efforce sans résultat encore, d'hybrider les deux variétés pentaploïdes : *I. magnifica* et *rhea*, nous avons essayé à Verrières, en 1935, l'intercroisement des *I. magnifica* et *Docteur Chobaut*. Nos tentatives n'ont été que partiellement couronnées de succès : sur 20 fleurs de l'*I. magnifica*, aucune n'a pu être pollinisée par

([2]) *Bull. of the American Iris Society*, 52, 1934, p. 61-66.
([3]) *The Iris Year Book*, 1935, p. 32-43.

les étamines de l'*I. Docteur Chobaut*, par contre, du croisement inverse, 2 fruits furent obtenus sur les 15 fleurs fécondées et une capsule contenant 16 bonnes graines, l'autre 17.

Sept plantes sont déjà issues de ces deux semis : quatre du premier (n° 250/36), trois du second (n° 251/36). L'étude caryologique qui en a été faite, nous a donné les résultats suivants :

$2n = 58$, 1 plante (n° 251-2/36);
$2n = 59$, 3 plantes (n° 250-2, 250-3 et 251-1/36);
$2n = 60$, 2 plantes (n° 250-4 et 251-3/36);
$2n = 63$, 1 plante (n° 250-1/36).

La série aneuploïde obtenue n'est pas pour nous surprendre; elle résulte de la méïose irrégulière des parents puisque la garniture chromosomique des pentaploïdes n'est pas équilibrée. Le résultat intéressant est d'avoir provoqué l'apparition des types pentaploïdes nouveaux : les plantes à $2n = 58$ et 59 sont des hypopentaploïdes, tandis que celle à $2n = 63$ est hyperpentaploïde.

L'une de ces plantes a déjà fleuri et donne de très grandes fleurs. L'intercroisement de ces formes nouvelles, leur recroisement avec les parents et aussi avec l'*I. Rhea*, qu'un de nos correspondants aux États-Unis, M. Cook, vient de nous envoyer, autorisent tous les espoirs de voir se créer une nouvelle race des Iris des Jardins à fleurs plus grandes. De plus, grâce aux nombreuses irrégularités qu'offre la réduction chromosomique des pentaploïdes, et surtout à la possibilité qu'a le généticiste d'effectuer par l'analyse cytologique, bien avant la floraison, dès la germination, une sélection anticipée des types ayant la constitution caryologique recherchée, il est possible d'envisager l'apparition de types à polyploïdie encore plus élevée, certains à garniture chromosomique tout à fait équilibrée, tels les hexaploïdes ($2n = 72$ et $n = 36$), ce qui serait alors un progrès vraiment réel dans l'amélioration des Iris des Jardins.

ZOOLOGIE. — *Sur un nouveau Téléostéen de la famille des Soléidés,* Pseudaustroglossus annectens. Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le Musée Royal d'Histoire Naturelle de Bruxelles m'a confié l'étude d'un Téléostéen dissymétrique de la famille des *Soleidæ*, qui a été capturé dans l'estuaire du Congo, par 20^{m} de fond.

L'individu ne mesure guère plus de 15^{mm} de longueur totale, dont environ 2^{mm} pour la nageoire caudale. La migration oculaire est achevée, mais de fraîche date; ce dont témoigne l'ampleur de l'intervalle qui sépare les yeux, placés tous deux sur le côté droit de la tête. Le squelette est suffisamment minéralisé pour que l'étude en soit possible, à l'aide de la méthode de Spalteholtz.

La nageoire dorsale (89 rayons) et la nageoire anale (78 rayons) sont contiguës à la nageoire caudale (20 rayons). Le premier rayon dermal de la nageoire dorsale est inséré sur l'aplomb du bord antérieur de l'orbite migratrice. La pectorale zénithale, plus courte que la tête, est triangulaire et beaucoup plus longue que la nadirale. Les vertèbres sont au nombre de 45, dont 10 abdominales. Le clidoste [1] se dilate, dans sa moitié caudale, de manière à figurer une raquette dont le manche excentré prolongerait l'un des côtés du cadre (le côté dorsal de l'os).

Ce type morphologique, que je propose de nommer *Pseudaustroglossus annectens*, genus novum et species nova, présente une remarquable juxtaposition de caractères, dont les uns appartiennent au genre *Synaptura* Cantor (meo sensu, 1930) et les autres, au genre *Austroglossus* Regan; si bien que l'on est amené à le considérer comme pouvant être un hybride de *Synaptura lusitanica* Capello × *Austroglossus microlepis* Bleeker.

Appartiennent au genre *Synaptura* les caractères suivants : 1° la narine exhalante zénithale est percée devant l'œil fixe et non au niveau de l'espace interoculaire (*Austroglossus*); 2° le processus hémal de chacune des cinq vertèbres abdominales postérieures est impair et médian, surplombant le rein (dans les *Austroglossus*, ces processus sont pairs et se développent de

(1) Clidoste a pour synonymes : urohyal jugulaire, interclaviculaire, etc.

part et d'autre du rein); 3° 35 vertèbres caudales (48, chez *Austroglossus microlepis*).

Les caractères qui seraient hérités du genre *Austroglossus* sont plus abondants : 1° la lèvre mandibulaire zénithale est dépourvue de cirres; 2° la narine inhalante nadirale est percée à l'extrémité d'un tube très court, érigé parmi le feutrage uniforme des cils épidermiques tactiles (la narine inhalante nadirale des *Synaptura* s'ouvre au milieu d'une volumineuse protubérance, profusément ciliée et circonscrite par un sillon dénudé); 3° le clidoste est en forme de raquette (celui des *Synaptura* est approximativement rectangulaire et la hauteur de sa partie moyenne est toujours égale ou supérieure à celle de l'une quelconque de ses deux extrémités); 4° le nombre des rayons de la nageoire dorsale (D 89) et celui des rayons de la nageoire anale (A 78) s'accordent avec ceux d'*Austroglossus microlepis* (D 87-100; A 74-83), mais non avec ceux d'*Austroglossus pectoralis* Kaup (D 102-111; A 84-95), moins encore avec ceux de *Synaptura lusitanica* (D 71-83; A 58-67); 5° la nageoire pectorale zénithale, subtriangulaire, mesure environ les deux tiers de la longueur de la région céphalique, alors que, dans le genre *Synaptura*, cette nageoire est toujours brièvement arrondie et, au plus, de même longueur, sinon plus courte que son homologue nadirale.

S'il s'agit réellement d'un hybride, celui-ci serait du type en mosaïque, avec prédominance des caractères de l'un des géniteurs (*Austroglossus*). On note toutefois certaines particularités qu'il ne paraîtrait pas absurde, dans l'hypothèse de l'hybride, de considérer comme le rappel d'une morphologie ancestrale, abolie chez les supposés géniteurs immédiats :

1° La nageoire dorsale ne s'étend pas en avant de l'orbite migratrice et ne comporte que 6 rayons céphaliques, au lieu de 9, chez les *Austroglossus*, et de 11 ou de 12, chez les *Synaptura*.

2° Aucun *Synaptura*, ni aucun *Austroglossus*, ne s'est encore montré pourvu de plus de 9 vertèbres abdominales; la dixième vertèbre, que possède *Pseudaustroglossus annectens*, ne pourrait donc apparaître, dans les espèces connues de l'un ou de l'autre de ces deux genres, qu'à titre d'exception individuelle.

En tant qu'hybride, *Pseudaustroglossus annectens* serait le premier qui ait jamais été signalé parmi les *Soleiformes* (*Achiridæ*, *Soleidæ*, *Cynoglossidæ*). En revanche, d'assez nombreux *Pleuronectiformes* (*Scophthalmidæ*, *Pleuronectidæ*, *Samaridæ*, *Rhombosoleidæ*) ont été décrits, avec plus ou

moins de certitude, faute de toute vérification expérimentale, comme autant de produits viables, sinon toujours féconds, du croisement d'espèces que, pour la plupart, la systématique sépare génériquement ([2]). Parmi tous ceux-ci, l'hybride de *Pleuronectes platessa* × *Glyptocephalus cynoglossus* est le seul qui, du fait de la grande dissemblance morphologique de ses géniteurs, offre un exemple comparable à ce qui serait le cas de *Pseudaustroglossus annectens*.

PHARMACOLOGIE. — *L'action de l'acide chlorhydrique sur l'insuline.* Note de M. **Roger Netter** et M[lle] **Simone Roche**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait que, par addition d'acide chlorhydrique, les solutions aqueuses d'insuline donnent un précipité et que ce précipité est très actif. Ce fait a été signalé, dès 1923, par H. W. Dudley ([1]).

Nous avons nous-mêmes constaté que toute l'activité physiologique initiale se retrouve dans le précipité quand on prend soin d'opérer à température suffisamment basse (pratiquement aux environs de + 5°C.) et en solution suffisamment concentrée.

Ces expériences ont d'abord porté sur divers échantillons d'insuline amorphe. Nous les avons reprises sur de l'insuline cristallisée (insulinate de zinc) que nous avons préparée à l'aide d'une technique inspirée de celle de D. A. Scott ([2]). L'addition à une solution aqueuse légèrement acide d'insuline cristallisée, d'acide chlorhydrique en quantité suffisante pour que la solution soit rendue au moins normale en HCl, détermine un précipité dont 1/20[e] de milligramme correspond sensiblement à une unité internationale (titrage effectué sur le lapin).

([2]) *Scophthalmus maximus* × *Scophthalmus rhombus; Lepidopsetta bilineata* × *Platichthys stellatus; Limanda limanda* × *Platichthys flesus; Pseudopleuronectes americanus* × *Limanda ferruginea; Pleuronectes platessa* × *Platichthys flesus*. Cf. J. R. Norman, *A systematic Monograph of the Flatfishes*, **1**, p. 266, 336, 347, 354, 355, 366 et 375, London, 1934.

([1]) *Biochem. Journ.*, **17**, 1923, p. 385.

([2]) *Biochem. Journ.*, **28**, 1934, p. 1592.

Toutefois, ce précipité, aussi actif que l'insuline cristallisée de départ, se distingue de celle-ci par des différences profondes et, en particulier, par les propriétés de ses solutions aqueuses acides.

En effet, on sait que les solutions aqueuses d'insuline donnent par chauffage en milieu acide un précipité, le *heat precipitate*, étudié, notamment par Du Vigneaud et ses collaborateurs ([3]) (ce précipité n'est pas à confondre avec celui qui résulte de l'action des acides à froid). La formation du *heat precipitate* est favorisée par la présence de sels alcalins. Nos propres essais sont en accord avec les observations publiées antérieurement. Ainsi, à titre d'exemple, nous avons noté qu'une solution de sérum physiologique acide (chlorure de sodium 7 pour 1000, acidité ajustée à pH2), renfermant par centimètre cube 5^{mg} d'insuline cristallisée, donne un précipité après 10 minutes de chauffage à 80°.

Or, dans des conditions comparables de concentration, d'acidité et de température, nous n'observons pas de *heat precipitate* avec des solutions du produit obtenu par l'action à froid de l'acide chlorhydrique au moins normal sur l'insuline. Les deux produits se comportent donc différemment.

Nous pensons avoir le droit de conclure que la réaction de précipitation par l'acide chlorhydrique à froid, réaction qui n'altère pas l'activité physiologique spécifique, n'est pas une réaction aussi simple qu'on le pourrait *a priori* penser.

Ces faits tendent à prouver que, dans l'insuline, la partie de la molécule responsable de la précipitabilité par la chaleur n'est pas identique à celle qui conditionne les propriétés hypoglycémiantes. C'est ce que supposent Du Vigneaud et ses collaborateurs, et nos expériences viennent à l'appui de leur idée; elles nous conduisent, *à partir de l'insuline cristallisée, à une substance ayant encore les propriétés physiologiques de l'insuline, mais ne donnant plus de précipité par chauffage en solution faiblement acide.*

([3]) V. Du Vigneaud, R. H. Sifferd et R. R. Sealock, *Journ. of Biol. Chem.*, 102, 1933, p. 521.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude génétique de l'*aphallie *chez* Bulinus (Isidora) contortus *Mich.* Note de M. **Marc de Larambergue**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'*aphallie*, ou absence d'organe copulateur, est une anomalie signalée chez quelques Pulmonés. Dans le cas de *Bulinus contortus*, la forme aphallique B ([1]) se rencontre avec une fréquence très variable suivant les régions, à côté de la forme normale A. J'ai donné ([2]) les premiers résultats de l'étude génétique de cette anomalie. A partir d'une souche marocaine, comportant 25 pour 100 de formes B, j'ai pu isoler et maintenir dans une stricte endogamie, pendant dix générations, des lignées différant par les proportions relatives des A et des B.

Lignées α. — Caractérisées par la prédominance du type A (plus de 95 pour 100). Dans ces lignées, les individus B, sporadiques, produisent eux aussi plus de 95 pour 100 de A.

Lignée β. — Caractérisée par la prédominance du type B. Les rares individus A (moins de 5 pour 100) donnent, par autofécondation, presque uniquement des B. Ils n'ont pas perdu l'instinct sexuel et peuvent être utilisés comme mâles dans les croisements.

Pour souligner les différences de comportement qui existent entre les individus des deux types phalliques, suivant la lignée à laquelle ils appartiennent, j'ai employé les symboles A_α, B_α et A_β, B_β.

Parmi les récoltes que j'ai pu examiner, provenant de différentes régions, deux sont particulièrement intéressantes.

1° *Dakar* (envois du Dr Mathis), 11 A et 828 B sur 839 Bulins, soit 1,3 pour 100 de A.

Depuis mai 1935, j'ai élevé quatre générations à partir de cette souche sénégalaise. Tous les sujets mis en expérience (16A et 21B) ont uniformément donné par autofécondation une grande majorité de B.

Au total 2580 Bulins, dont 71A et 2509B, soit 2,7 pour 100 de A.

2° *Le Caire* (par l'intermédiaire de M. Helmy), 444A et 1B sur 445, soit 99,8 pour 100 de A.

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 174.

([2]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 977.

A partir de cette souche égyptienne, depuis décembre 1935, j'ai observé la descendance autogame de 65A et 3B appartenant à quatre générations, tous ont donné presque uniquement des A.

Au total 4851 Bulins, dont 4840A et 11B, soit 99,8 pour 100 de A.

Ces observations permettent de considérer la race égyptienne et la race sénégalaise comme représentant, à l'état de ségrégation naturelle, les races α et β mélangées au Maroc. Les résultats des croisements réalisés confirment cette interprétation.

Croisements. — Seuls les Bulins A peuvent être utilisés comme ♂, ce qui réduit à 8 le nombre des combinaisons de croisement possibles entre les quatre catégories d'individus, comme l'indique le tableau suivant :

♂ ♀	B_β	A_β	B_α	A_α
A_α	I	II		
A_β			III	IV

F_1. — Les catégories I, II et III, IV, qui correspondent à des croisements entre lignées opposées, nous retiendront seules pour le moment; dans les autres combinaisons la descendance n'est pas différente de celle que donnent les parents par autofécondation.

I. ♀ $B_\beta \times A_\alpha$ et II. ♀ $A_\beta \times A_\alpha$. — Dans ces deux catégories, après croisement, la F_1 comprend des B et des A mélangés; ces derniers, qui correspondent au phénotype paternel, apparaissent d'abord dans une proportion importante, qui diminue progressivement dans les lots de pontes successifs. Depuis ma première Note ([2]) j'ai obtenu la confirmation de ces résultats par d'autres croisements similaires utilisant des sujets du Sénégal et d'Égypte et j'ai réalisé les combinaisons inverses ♀ $\alpha \times \beta$.

III. ♀ $B_\alpha \times A_\beta$, cinq expériences. — Tandis que les témoins et le parent ♀ avant d'être fécondé, donnaient une descendance autogame de type α; après croisement, la F_1 comprend toujours un certain nombre de B correspondant au phénotype paternel. Dans les lots de pontes successifs, la proportion relative de ces B diminue; quelques semaines après la fécondation, la descendance est de nouveau du type maternel composée à peu près uniquement de A, comme avant la fécondation.

IV. ♀ $A_\alpha \times A_\beta$, trois expériences. — Les résultats sont exactement comparables à ceux des croisements du type III.

Quel que soit le sens du croisement, $\beta \times \alpha$ ou $\alpha \times \beta$, un certain nombre de jeunes du type paternel apparaissent dans la F_1.

F_2. — Pour obtenir la F_2, j'ai mis en élevage un certain nombre de sujets F_1, A et B, isolés, provenant des différents types de croisements et, à titre de témoins, des jeunes produits par les ♀ avant accouplement.

Les témoins ont toujours donné une descendance du type α ou β caractéristique de la lignée à laquelle ils appartenaient.

Tous les jeunes F_1 de *type paternel*, considérés *a priori* comme hybrides, ont donné une descendance autogame mixte, comprenant un mélange permanent (40 à 60 pour 100 A), quel qu'ait été le sens du croisement originel.

Les jeunes F_1 de *type maternel* se classent en deux groupes; le plus nombreux donne également une descendance mixte; quelques-uns seulement une génération α ou β comme les témoins correspondants.

Dans la première génération, les jeunes de type paternel ne sont donc point les seuls provenant de la fécondation croisée et un certain nombre d'hybrides réalisent le phénotype maternel.

Dans la deuxième génération les A et les B apparaissent avec une fréquence à peu près équivalente, leur valeur génotypique n'est révélée que par l'étude de la F_3. On distingue en effet des A produisant une majorité de A (tendance α), des B produisant une majorité de B (tendance β) et des A ou des B produisant un mélange des deux types phalliques dans des proportions analogues à celles de la F_2. Ces catégories correspondent à la ségrégation des génotypes α et β.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Minéralogie, par l'organe de M. L. de Launay, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *H. Douvillé* :

En première ligne........ M. **François Grandjean**.

En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*... MM. **Léon Bertrand**, **Paul Gaubert**, **Paul Lemoine**, **Emmanuel de Margerie**, **Albert Michel-Lévy**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1937.

Ali Nel Sogno. Metamorfosi senza fine, par Enrico Casaccio. Caltanisetta, Cav. Uff. S. Di Marco, 1937; 1 fasc. 20cm,5.

Technique et Économie nouvelles des carburants de synthèse, par Ch. Berthelot et M. Hot. Paris, Dunod, 1937; 1 vol. 21cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

Sophus Lie Gesammelte Abhandlungen. Anmerkungen zum zweiten Bande, par Friedrich Engel et Poul Heegaard. Leipzig, B. G. Teubner, 1937; Oslo, H. Aschehoug et Cie, 1937; 1 vol. 24cm (en langue allemande).

Sophus Lie Gesammelte Abhandlungen. Geometrische Abhandlungen, par Friedrich Engel et Poul Heegaard, deuxième partie. Leipzig, B. G. Teubner, 1937; Oslo, H. Aschehoug et Cie, 1937; 1 vol. 24cm (en langue allemande).

Badania Petrograficzne Wegla Pokladu Otto, Kopalnia Radzionków Górny Ślask (Petrographical investigations of the Otto coald bed, Radzionków mine, Upper Silesia), par Adam Drath et Stanislaw Jaskólski. Extrait de *The XII annual of the Polish Geological Society, forming Volume dedicated to professor Charles Bohdanowicz for celebration of the fiftieth Anniversary of his scientific Works*. Kraków, 1936; 1 fasc. 23cm (en langue polonaise).

Henry Le Chatelier. Discours prononcés à la séance solennelle du 24 avril 1937. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 23cm,5.

Au Groenland avec Charcot, par Jean-Louis Faure. Paris, Nelson, 1937; 1 vol. 16cm (présenté par M. J.-L. Faure).

Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. Cinquante-septième rapport 1936 rédigé par le Dr Paul-Louis Mercanton, extrait de la Revue *Les Alpes*, no 8, 1937, Berne, Staempfli et Cie; 1937; 1 fasc. 26cm.

Dix années d'activité de l'Institut roumain de l'Énergie (1926-1936), par Ernest Abason. Bucarest, Imprimerie nationale, 1937; 1 fasc. 26cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 NOVEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un nouveau deuil vient s'ajouter à ceux qui nous ont douloureusement atteints au cours de cette année. **Charles Gravier** a succombé à Paris, dans la soirée du lundi 15 novembre; il avait assisté quelques heures auparavant à notre séance. Discret et modeste jusque dans la mort, il a voulu que son décès ne fût pas annoncé et la plupart d'entre nous n'ont pu lui apporter, comme un dernier devoir, l'hommage personnel de leur confraternelle amitié.

Gravier est né à Orléans le 4 mars 1865. Instituteur dans le Loiret, il entre en 1885 à l'École Normale Supérieure de Saint-Cloud où il se fait remarquer de ses maîtres, et notamment d'Edmond Perrier, par son intelligence et son travail. Envoyé à Grenoble pour professer les sciences naturelles à l'École Normale, il utilise ce séjour pour reprendre courageusement des études classiques et conquérir les licences des sciences physiques et des sciences naturelles. En 1891, il est boursier d'agrégation au Muséum d'Histoire naturelle et il obtient le titre deux ans plus tard après un brillant concours.

Son séjour dans la maison de Cuvier confirme sa vocation et il est marqué pour lui appartenir. Pendant une année encore, il lui reste attaché comme boursier de doctorat. En 1894, les exigences des règlements administratifs l'envoient professer au Lycée de Clermont-Ferrand; mais, l'année suivante, il revient à Paris comme préparateur à la Faculté des Sciences, et il est docteur ès sciences en 1896.

Ces longs détours le conduisent enfin à la situation qui devait lui permettre de développer pleinement son goût de la recherche et ses qualités de savant; en 1898, il est assistant au Muséum et attaché à la chaire de Zoologie, Annélides, Mollusques et Zoophytes.

Avec de très modestes ressources, il entreprend des voyages d'études et il séjourne à Londres, Strasbourg, Zurich, Heidelberg, Berlin, Prague, Vienne, Budapest, plus tard à Oslo et à Bergen, étudiant les collections et les méthodes de travail, en même temps qu'il acquiert la pratique des langues anglaise, allemande et italienne.

Ses premières recherches sur le développement des Annélides l'entraînent dans la mer Rouge et sur la côte des Somalis, où il retrouve, à l'état vivant, les types perdus de Savigny. Il se trouve en présence des récifs madréporiques si magnifiquement décrits par Darwin et par Dana et il entreprend l'étude des polypes qu'il retrouve ensuite sur les côtes de l'île de San Tomé, au fond du Golfe de Guinée. Ses études élucident des questions controversées et elles fournissent de précieuses indications sur les formations géologiques marines.

Les études sur les Annélides ont porté d'abord sur les Phyllodociens; elles ont permis de préciser l'arbre généalogique de la classe entière, en même temps qu'elles apportent la preuve de l'origine marine des Vers de terre et des Naïs des eaux douces. Les recherches sur les polypes alcyonnaires aboutissent à la détermination d'une nouvelle famille et à la découverte de curieux exemples de symbiose, de commensalisme et de parasitisme.

C'est en 1917 seulement que Gravier est nommé professeur, la chaire de Pathologie comparée occupée par Bouley et par Chauveau ayant été transformée en une chaire de Zoologie. Il continue la série de ses travaux par une minutieuse étude des Annélides polychètes recueillies en pêches nocturnes à la lumière. Ses observations, faites à Alger avec le Professeur Dantan, sont consignées dans un important travail paru en 1928. Deux mémoires sont consacrés aux particularités de la ponte et de l'incubation chez les Annélides et chez les Crustacés. Il poursuit en outre la description des Crustacés stomatopodes, d'après des collections recueillies dans le Pacifique et l'Océan Indien; quelques jours avant sa mort, paraissait un travail sur les espèces des côtes de l'Indochine.

Gravier apportait dans ses travaux la scrupuleuse conscience qui fut la règle de toute sa vie. Il a largement contribué aux progrès de la Zoologie et de la Biologie générale et il laisse une œuvre solide, faite d'observations

plusieurs fois contrôlées, qui honore à la fois sa mémoire et la grande Maison à laquelle il fut si profondément attaché.

L'Académie déplore la perte d'un confrère aimable et bon; elle adresse à Mme Gravier et à sa famille l'expression de ses profonds regrets et de sa vive sympathie.

M. **Alexandre Guilliermond** fait hommage à l'Académie, au nom de son auteur, M. Roger Gautheret, d'un Ouvrage intitulé *La culture des tissus végétaux, son état actuel, comparaison avec la culture des tissus animaux*, et pour lequel il a écrit une *Préface*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Minéralogie en remplacement de M. *H. Douvillé* décédé.

Le nombre de votants étant 59, le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.
M. François Grandjean	25	36
M. Léon Bertrand	21	19
M. Paul Lemoine	13	4

M. **François Grandjean**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Zoologie (Vers et Crustacés), vacante au Muséum d'Histoire Naturelle, pour la première ligne M. *Louis Fage* réunit l'unanimité de 47 suffrages.

Pour la seconde ligne M. *Marc André* obtient 38 suffrages. Il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.................. M. **Louis Fage**.
En seconde ligne.................. M. **Marc André**.

CORRESPONDANCE.

M. **Louis Nattan-Larrier** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention allouée sur la *Fondation Loutreuil* en 1936.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

M. Léon Gourret, *Sur certains mouvements périodiques de la mer au voisinage d'une paroi oblique ou courbe. Application aux digues maritimes* (présenté par M. M. d'Ocagne).

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la *Chaire d'Agriculture et de Productions agricoles dans leurs rapports avec l'industrie*, vacante au Conservatoire National des Arts et Métiers.

(Renvoi aux Sections de Botanique et d'Économie rurale.)

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la *Chaire de Mathématiques* (*en vue de ses applications*), vacante au Conservatoire National des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les unités d'un corps de nombres algébriques, qui sont soumises à des conditions algébriques.* Note de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient R le corps des nombres rationnels, K une extension algébrique de R, de degré n; $K_1 = K, K_2, \ldots, K_n$ les corps conjugués de K par rapport

à R, r_1 le nombre des K_i réels, $2r_2$ le nombre des K_i imaginaires. Posons $r = r_1 + r_2 - 1$. Nous appellerons r le nombre de Dirichlet du corps K.

Nous représentons tout nombre α de K, de conjugués $\alpha^{(i)}$ dans K_i, par le point de coordonnées $x_i = \alpha^{(i)}$ dans l'espace X_n des n variables $x_1, \ldots, x_n$, les x_i étant pris dans un corps H, surcorps de K, qui sera une extension minimale algébriquement fermée de R_p, corps des nombres rationnels p-adiques (p nombre naturel premier).

Si un nombre α de K et ses conjugués satisfont à un certain nombre de relations algébriques à coefficients dans le corps de base H, $f_j(\alpha^{(1)}, \ldots, \alpha^{(n)}) = 0$, nous dirons que α est sur la variété algébrique V, d'équations $f_j(x_1, \ldots, x_n) = 0$, de X_n.

Les unités de K forment par rapport à la multiplication un groupe abélien Γ ayant une base minima formée de r générateurs d'ordre infini et possiblement un générateur d'ordre fini. Nous appellerons dimension d'un sous-groupe γ de Γ le nombre ρ des générateurs d'ordre infini d'une base minima de ce sous-groupe.

Soit E un ensemble d'une infinité d'éléments de Γ. Il y a des sous-groupes de Γ tels qu'une au moins des classes de Γ/γ contienne une infinité E' d'éléments de E. Nous dirons que le sous-groupe γ est *minimal* pour la classe c_γ par rapport à E, si la classe c_γ contient une infinité E' d'éléments de E et s'il n'y a pas de sous-groupe de Γ de dimension inférieure à celle de γ et contenant une infinité d'éléments de E'. Nous dirons qu'un sous-groupe γ de dimension ρ de Γ est *convergent*, si l'on peut lui trouver une base formée de ρ éléments générateurs (d'ordre nécessairement infini) $\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_\rho$, tels que les fonctions exponentielles p-adiques $(\varepsilon_i^{(j)})^y$ ($i = 1, 2, \ldots, \rho$; $j = 1, 2, \ldots, n$) convergent pour toute valeur de y_i appartenant au corps de base H, qui sont entières p-adiques.

On montre facilement qu'il existe un nombre naturel h ne dépendant que du corps K tel que, ε étant une unité quelconque de K ou de ses corps conjugués, la fonction $(\varepsilon^h)^y$ satisfait aux conditions requises, de sorte que tout sous-groupe γ_1 a un sous-groupe γ_2, d'indice fini $h' < h$ ne dépendant que de K, par rapport à γ_1, qui soit convergent. Si γ_1 est minimal pour la classe c_{γ_1} par rapport à E, γ_2 est minimal pour ~~celles de~~ ses classes contenues dans c_{γ_1}.

Théorème I. — *Supposons qu'il existe une infinité* E *d'unités de* K *qui appartiennent à une variété algébrique* V *de* X_n *de dimension* s. *Soit* γ *un sous-groupe convergent du groupe* Γ *des unités de* K, *qui soit minimal pour la classe* c_γ *par rapport à* E. *Il existe une variété algébrique* V^* *de* X_n *de dimen-*

sion $s^* \leqq s + r - 1$, *r étant le nombre de Dirichlet de* K, *qui contienne tous les éléments de* c_γ.

On trouvera la démonstration dans un autre recueil. On en déduit

Théorème II. — *Si dans le théorème* I *nous supposons* $s \leqq n - r - 1$, *les unités de* γ *satisfont à une même relation* $x_1^{l_1} \ldots x_{n-1}^{l_{n-1}} = 1$, *les* l_i *étant des entiers rationnels non tous nuls.*

Ces unités satisfont aussi aux relations obtenues en opérant dans la relation précédente sur les x_i une permutation du groupe de Galois G de K. D'où ce théorème

Théorème III. — *Soit* K *un corps de nombres algébriques de degré* n *de nombre de Dirichlet* r. *Si* K *a pour groupe de Galois le groupe symétrique, ou si* K *est de degré* n *premier, il est impossible qu'il y ait une infinité d'unités de* K, *appartenant à une variété algébrique de dimension* $s \leqq n - r - 1$.

En particulier il est alors impossible qu'il y ait une infinité d'unités de K dans un module de K de dimension $\leqq n - r$, ou, en d'autres termes, l'équation

$$\text{Norme}(X_1 \omega_1 + \ldots + X_{n-r} \omega_{n-r}) = 1,$$

où les ω_i sont des nombres de K, n'a qu'un nombre fini de solutions en entiers rationnels X_i.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une propriété caractéristique des transformations conformes du plan.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Au cours d'une étude sur les transformations des systèmes cycliques associées à l'équation de Laplace, qui sera publiée dans un autre recueil, j'ai été amené à noter une propriété caractéristique des transformations conformes du plan, que je me permets de signaler ici.

Désignons par $(\mathcal{C})$ toute transformation ponctuelle du plan, établie sur celui-ci par les points M, M′, où le cercle générateur d'un système cyclique quelconque normal au plan perce le plan.

Soient z et z' les affixes de M et M′. Associons à chaque couple de points M, M′ se correspondant dans une transformation $(\mathcal{C})$, deux points N, N′ tels que la figure (MM′N′N) ait une forme invariable. Les deux points N, N′ définissent une transformation du plan, que nous dirons transformée de $\mathcal{C}$ par une transformation $\mathcal{T}$, et que nous représenterons par $\mathcal{T}(\mathcal{C})$. Les for-

mules définissant la transformation $\mathfrak{T}(\mathcal{C})[\mathrm{N}(\zeta) \rightarrow \mathrm{N}'(\zeta')]$ sont de la forme

$$\zeta = z + k e^{i\theta}(z' - z),$$
$$\zeta' = z' + h e^{i\varphi}(z' - z),$$

où k, h, θ, φ sont quatre constantes arbitraires.

L'ensemble des transformations $\mathfrak{T}(\mathcal{C})$ agissant sur les $(\mathcal{C})$ est un ensemble à quatre paramètres. On peut se demander dans quelles conditions une $\mathfrak{T}(\mathcal{C})$ laisse à la correspondance $\mathcal{C}$ transformée son caractère de correspondance $(\mathcal{C})$ et transforme par suite un système cyclique en un autre système cyclique.

2. En exprimant les conditions pour qu'il en soit ainsi, on est conduit à distinguer entre la transformation générale $\mathfrak{T}(\mathcal{C})$ aux quatre paramètres k, h, θ, φ et les transformations $\mathfrak{T}_1(\mathcal{C})$ (à trois paramètres), obtenues en liant k, h, θ, φ par la relation $k \sin\theta - h \sin\varphi = 0$, transformations pour lesquelles les droites joignant les couples de points homologues MM′, NN′ sont parallèles, et cela conformément aux résultats suivants.

Toute transformation $\mathfrak{T}_1(\mathcal{C})$ *laisse à* $\mathcal{C}$ *son caractère;* l'ensemble des transformations $\mathfrak{T}_1$, agissant sur les $(\mathcal{C})$, forme évidemment un groupe.

Il n'en est pas ainsi pour les transformations $\mathfrak{T}(\mathcal{C})$. Pour qu'une correspondance $(\mathcal{C})$ soit transformée par une $\mathfrak{T}(\mathcal{C})$ quelconque en une autre correspondance $(\mathcal{C})$, *il faut et il suffit* que l'on ait $z' = f(z)$, c'est-à-dire que la correspondance $(\mathcal{C})$ envisagée soit une *correspondance conforme directe du plan.*

Le fait que toute correspondance conforme directe du plan est une transformation $(\mathcal{C})$ est bien connu, et il est évident d'autre part que toute transformation $\mathfrak{T}$, appliquée à une correspondance conforme directe, la transforme en une autre correspondance conforme directe.

Mais nous voyons ici de plus que *seules, parmi les correspondances* $(\mathcal{C})$, *les correspondances conformes directes jouissent de la propriété de se transformer en congruences* $(\mathcal{C})$ (*elles-mêmes conformes*) *par les différentes transformations* $\mathfrak{T}(\mathcal{C})$.

L'ensemble des transformations $\mathfrak{T}$ forme un groupe, et l'on démontre qu'il suffit qu'une correspondance $(\mathcal{C})$ admette *une seule* transformation du groupe *n'appartenant pas à l'ensemble* $\mathfrak{T}_1$, pour les admettre *toutes*, et être une correspondance conforme directe du plan.

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques propriétés des surfaces déduites des conditions d'équilibre des surfaces convexes.* Note de M. **Fernand Aimond**, présentée par M. Albert Caquot.

Des conditions d'équilibre des surfaces convexes ([1]) on peut déduire diverses propriétés relatives à la détermination des surfaces fermées et à la déformation des surfaces convexes, notamment le théorème de M. Weyl sur la détermination d'une surface fermée convexe par son élément linéaire, sans d'ailleurs supposer les surfaces analytiques.

1° Une surface S fermée est déterminée si l'on connaît pour chaque direction de la normale la somme R des rayons de courbure principaux, à condition que l'intégrale vectorielle $\int \vec{R}\, ds$ étendue à la sphère de rayon un, d'élément superficiel ds, et au vecteur $\vec{R}$ dirigé suivant la direction de la normale à la sphère et ayant pour mesure R, soit nulle, car alors S a un équilibre sphérique bien déterminé.

2° Appelons représentation sphérique de la courbure totale d'une surface s la correspondance entre la représentation sphérique d'un point de s et la courbure totale en ce point. Si deux surfaces s_1, s_2 ont même représentation sphérique de leur courbure totale, est nul le produit du tenseur d_{ij} de la surface S_1, dont le tenseur W est la somme des tenseurs W de s_1 et s_2, par le tenseur W de la surface s_0, dont le tenseur W est la différence des tenseurs W de s_1 et s_2.

3° Deux surfaces fermées convexes s_1, s_2 ne peuvent avoir la même représentation sphérique de leur courbure totale, sinon dans l'équilibre sphérique de la surface s_0 du numéro précédent le produit du tenseur des contraintes par le tenseur d_{ij} à déterminant positif de la surface convexe S_1 serait identiquement nul, ce qui est en contradiction avec les propriétés d'équilibre des surfaces fermées convexes.

4° De 1° et 3° résulte qu'il ne peut exister de surface minima fermée, que la sphère est la seule surface fermée dont la somme des rayons de courbure principaux est constante ou dont la courbure totale est constante, ou encore dont la courbure moyenne est constante, et qu'elle ne peut être appliquée sur aucune autre surface fermée sans variation de l'élément linéaire.

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 711 et 836, dont nous conservons les notations.

5° Deux surfaces fermées convexes s_1, s_2 applicables sont égales. En effet, soient d_{ij}^1, d_{ij}^2 les tenseurs d_{ij} de ces surfaces considérées comme des surfaces S_1, et G_1^{ij}, G_2^{ij} les composantes de leurs tenseurs G. En adoptant sur s_1 et s_2 le même système de coordonnées u^1, u^2 on a, en raison de l'égalité des courbures totales aux points homologues,

$$(d_{11}^1+d_{11}^2)(G_1^{11}-G_2^{11})+(d_{22}^1+d_{22}^2)(G_1^{22}-G_2^{22})+2(d_{12}^1+d_{12}^2)(G_1^{12}-G_2^{12})=0,$$

relation qui exprime que le produit par le tenseur $d_{ij}^1+d_{ij}^2$ à déterminant positif du tenseur des contraintes $G_1^{ij}-G_2^{ij}$, maintenant en équilibre s_1 avec des charges exclusivement normales, est nul, ce qui n'est possible que si $G_1^{ij}=G_2^{ij}$, c'est-à-dire si les surfaces s_1 et s_2 sont identiques à un déplacement près, en vertu des propriétés d'équilibre des surfaces convexes.

6° La déformation la plus générale d'un élément E de surface convexe limité à une courbe C sur laquelle on a la condition de liaison $F(D_1^{11}, D_1^{12}, D_1^{22}, u, v, t)=0$, dépend de la valeur $n\pi$ de la variation de $\operatorname{arc\,tang}[F_{12}:(F_{11}-F_{22})]$ quand on décrit C. Si $n=1$, la déformation est unique quel que soit F; si $n\geqq 2$, la déformation est encore unique, mais F ne peut être choisi arbitrairement; si $n\leqq 0$, il y a une infinité de déformations possibles, quel que soit F.

7° La déformation de E avec conservation de l'élément linéaire, quand on se donne entre la courbure normale C_N et la torsion géodésique T_G de C la relation $\Phi(C_N, T_G, u, v, t)=0$, dépend de la variation $n\pi$ de $\operatorname{arc\,tang}(\partial\Phi/\partial T_G : \partial\Phi/\partial C_N)$ quand on décrit C. Si $n=1$, la déformation est unique quel que soit Φ; si $n\geqq 2$, la déformation est encore unique, mais Φ ne peut être choisi arbitrairement; si $n\leqq 0$, il y a une infinité de déformations possibles, quel que soit Φ.

8° La déformation de E ne peut se produire avec conservation de l'élément linéaire, quand on se donne arbitrairement soit la courbure normale, soit la torsion géodésique, et en particulier quand on suppose que l'une de ces quantités reste constante, car alors on a $n=4$.

9° La déformation la plus générale d'une surface fermée convexe S_1 dépend de la détermination d'équilibres successifs correspondant aux systèmes de charges C_n appliqués à S_1. Pour que cette détermination soit possible, il faut que pour toute valeur de n le système C_n vérifie les six équations universelles de l'équilibre. Comme le calcul de C_n est le même pour toutes les déformations qui admettent pour les g_{ij}^1 les mêmes dérivées par rapport à t jusqu'à l'ordre n inclus, il suffit, pour que toutes les

conditions imposées au système C_n soient vérifiées, qu'il existe au moins une déformation, dont les g_{ij}^1 admettent les mêmes dérivées partielles par rapport à t, jusqu'à l'ordre n inclus, que la déformation cherchée, ce que l'on peut vérifier élémentairement en construisant une surface déformée dont les g_{ij}^1 et leurs n premières dérivées sont donnés.

10° De 5° et 9° résulte qu'une surface convexe fermée est bien déterminée par son élément linéaire.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE PROJECTIVE. — *Sur les suites de Laplace dont quatre rayons consécutifs quelconques forment un quadrilatère.* Note de M. **Marcel Decuyper.**

1. Nous adoptons pour tétraèdre mobile de référence le tétraèdre $M_0 M_1 M_2 M_3$ ayant pour sommets les sommets successifs de la suite de Laplace. Le tableau des composantes des déplacements infiniment petits des sommets du tétraèdre est alors

(I)

	M_0	M_1	M_2	M_3
M_{0_u}	o	m	o	o
M_{1_u}	o	o	δ	o
M_{2_u}	o	o	p_1	1
M_{3_u}	$-\Delta_1$	N_1	R_1	$-P_1$

	M_0	M_1	M_2	M_3
M_{0_v}	$-P$	R	N	$-\Delta$
M_{1_v}	1	p	o	o
M_{2_v}	o	δ_1	o	o
M_{3_v}	o	o	m_1	o

avec les conditions d'intégrabilité

$$(\mathrm{II})\quad \left\{ \begin{array}{l} p = \dfrac{\partial \log \delta}{\partial v}, \qquad p_1 = \dfrac{\partial \log \delta_1}{\partial u}, \qquad m = \delta\,\delta_1 - \dfrac{\partial^2 \log \delta}{\partial u\, \partial v}, \qquad m_1 = \delta\,\delta_1 - \dfrac{\partial^2 \log \delta_1}{\partial u\, \partial v}, \\ N = \Delta_u - P_1\,\Delta, \qquad N_1 = \Delta_{1_v} - P\,\Delta_1, \\ P_u = \dfrac{\partial^2 \log \delta}{\partial u\, \partial v} - \delta\,\delta_1 + \Delta\,\Delta_1, \qquad P_{1_v} = \dfrac{\partial^2 \log \delta_1}{\partial u\, \partial v} - \delta\,\delta_1 + \Delta\,\Delta_1, \\ N_u + N\dfrac{\partial \log \delta_1}{\partial u} = R_1\,\Delta - R\delta, \qquad N_{1_v} + N_1\dfrac{\partial \log \delta}{\partial v} = R\,\Delta_1 - R_1\,\delta_1, \\ m_v - R_u = -m(P+p) - \Delta N_1, \qquad m_{1_u} - R_{1_v} = -m_1(P^2 + p_1) - \Delta_1 N. \end{array} \right.$$

On remarque immédiatement que la condition nécessaire et suffisante pour que $M_1 M_0$ (c'est-à-dire $M_{0_v} M_0$) et $M_2 M_3$ se coupent est $R = 0$.

2. Cette particularité se révèle assez intéressante quand on étudie les axes de la surface (M_1) :

En tout point de la surface (M_1) les tangentes aux courbes coordonnées sont partagées harmoniquement par les tangentes aux courbes qui correspondent aux développables de la congruence des premiers axes, ainsi que par les tangentes aux courbes qui correspondent aux développables de la congruence des seconds axes. C'est là la propriété caractéristique du *réseau conjugué harmonique de Wilczynski* (1). De plus, nous avons trouvé que le premier axe de la surface (M_1) passe par le point L_1, commun à $M_{-1}M_0$ et M_2M_3, que M_1L_1 est divisé harmoniquement par les foyers du premier axe, comme par les points de rencontre avec les plans focaux de M_0M_2, enfin que les foyers de ce deuxième axe M_0M_2 divisent harmoniquement M_0M_2.

3. Nous avons cherché si l'on peut retrouver ces particularités pour tous les autres rayons de la suite de Laplace. Or le tableau (I) montre que la condition nécessaire et suffisante pour que M_0M_1 et M_3M_4 se coupent est $R_1 = 0$.

Supposons donc que nous ayons à la fois $R = 0$ et $R_1 = 0$. On trouve pour M_4, foyer de $M_3M_{3_u}$,

$$M_4 = -m_1\Delta_1 M_0 + m_1 N_1 M_1 + \Delta_1 N M_3$$

et pour M_{4_u}

$$\begin{aligned} M_{4_u} = {} & m_1(p_1\Delta_1 + P_1\Delta_1 - \Delta_{1_u})M_0 + \ldots + M_1 + \ldots + M_2 \\ & + (m_{1_u}P_1 + \Delta_{1_u}N + \Delta_1 N_u + m_1 p_1 P_1 + m_1 P_1^2)M_3. \end{aligned}$$

La condition pour que M_1M_2 et M_4M_5 (ou M_4M_{4u}) soient coplanaires est

$$m_1\Delta_1(m_{1u}P_1 + \Delta_{1u}N + \Delta_1 N_u + m_1 p_1 P_1 + m_1 P_1^2) + m_1\Delta_1 N(p_1\Delta_1 + P_1\Delta_1 - \Delta_{1u}) = 0$$

ou

$$m_1\Delta_1[P_1(m_{1u} + m_1 p_1 + m_1 P_1 + \Delta_1 N) + \Delta_1(N_u + N p_1)] = 0,$$

condition toujours satisfaite, en vertu des égalités du tableau (II).

Donc, si $M_{-1}M_0$ et M_2M_3 se coupent, ainsi que M_0M_1 et M_3M_4 les rayons M_1M_2 et M_4M_5 se coupent aussi; par suite il en sera de même pour M_2M_3 et M_5M_6, etc.

Nous concluons : *si, dans une suite de Laplace, deux rayons consécutifs d'indices* n, $n+1$ *sont respectivement coplanaires avec les rayons d'indices* $n+3$, $n+4$, tout rayon d'indice m est coplanaire avec le rayon d'indice $m+3$; *quatre rayons consécutifs quelconques forment un quadrilatère.*

---

(1) *American Journal of Mathematics*, **42**, 1920, p. 215.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes infinis.*
Note (1) de M. **A.-P. Dietzmann**, présentée par M. Émile Borel.

MM. W.-K. Turkin et P.-E. Dubuque (2) démontrent la proposition suivante :

Soient $\mathfrak{H}$ *et* $\mathfrak{F}$ *deux groupes arbitraires qui satisfont à la condition* $\mathfrak{H}\mathfrak{F} = \mathfrak{F}\mathfrak{H}$, *ainsi que* $\mathfrak{H}\mathfrak{F} = A$ *soit aussi un groupe. Soit ensuite un groupe* $\mathfrak{G}$ *provenant de l'addition à* A *d'un nouvel élément générateur* P_1. *Si l'élément* P_1 *est d'un ordre fini et figure au groupe* $\mathfrak{G}$ *dans une classe d'éléments conjugués d'un ordre fini, le groupe* $\mathfrak{G}$ *se décompose, dans le développement d'après le double module* ($\mathfrak{H}$, $\mathfrak{F}$), *en un nombre fini de systèmes.*

Ce théorème se déduit immédiatement des théorèmes I et II déjà démontrés dans mon travail (3) précédent, cité par MM. W.-K. Turkin et P.-E. Dubuque. La présente Note contient des généralisations essentielles de quelques résultats de ce travail.

Nous dirons qu'un ensemble $\mathfrak{S}$ d'éléments du groupe $\mathfrak{G}$ est un complexe invariant en soi, si, pour chaque élément S du complexe $\mathfrak{S}$, on a $S^{-1}\mathfrak{S}S = \mathfrak{S}$. Un complexe invariant en soi contenant un nombre fini d'éléments du groupe sera nommé complexe fini invariant en soi.

Théorème I. — *Pour que quelques éléments du groupe* $\mathfrak{G}$, *formant l'ensemble* Σ, *puissent engendrer un sous-groupe d'ordre fini, il faut et il suffit que tous les éléments de* Σ *appartiennent à un complexe fini invariant en soi* $\mathfrak{S}$ *contenant exclusivement des éléments d'un ordre fini du groupe* $\mathfrak{G}$.

Il est évident que cette condition est nécessaire. Démontrons qu'elle est suffisante. Supposons que le complexe $\mathfrak{S}$ contienne un nombre k d'éléments différents $S_1, S_2, \ldots, S_k$, d'ordres finis $t_1, t_2, \ldots, t_k$. Désignons par $\mathfrak{Q}$ les sous-groupes engendrés par tous les éléments $\mathfrak{S}$. Alors l'élément Q du sous-groupe $\mathfrak{Q}$ est le produit d'un nombre fini d'éléments $\mathfrak{S}$:

$$Q = S_{i_1} S_{i_2} \ldots S_{i_m}.$$

Le produit $S_{i_1} S_{i_2} \ldots S_{i_m}$ sera nommé représentation de l'élément Q, le nombre m-longueur de cette représentation. Entre les représentations différentes de l'élément Q il peut évidemment exister des représentations de longueur minimum l. Chacune de ces représentations de l'élément Q

(1) Séance du 18 octobre 1937.

(2) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 435.

(3) *C. R. de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*, **15**, 1937, p. 71.

sera nommée représentation normale. Par longueur l de l'élément Q nous entendrons la longueur l de sa représentation normale.

Pour prouver ce théorème, il suffit de montrer que la longueur de chaque élément Q du sous-groupe $\mathfrak{Q}$ ne surpasse pas un certain nombre fixe n.

Soit t le plus grand des nombres $t_1, t_2, \ldots, t_K$. Il n'est pas difficile de montrer que la longueur l de chaque élément Q du sous-groupe $\mathfrak{Q}$ ne surpasse pas $n=(t-1)^K$.

THÉORÈME II. — *Soit $\mathcal{N}$ un ensemble d'éléments engendrant le groupe $\mathfrak{G}$ et soient $\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2, \ldots, \mathfrak{H}_r$ des sous-groupes du $\mathfrak{G}$. Si chaque élément $\mathcal{N}$ entre au moins dans un des sous-groupes $\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2, \ldots, \mathfrak{H}_r$, et si*

$$\mathfrak{H}_i\mathfrak{H}_j=\mathfrak{H}_j\mathfrak{H}_i \qquad (i, j=1, 2, \ldots, r),$$

on a

$$\mathfrak{G}=\mathfrak{H}_1\mathfrak{H}_2\ldots\mathfrak{H}_r.$$

Pour la démonstration de ce théorème, il suffit de remarquer que $\mathfrak{H}_1\mathfrak{H}_2\ldots\mathfrak{H}_r$ est un groupe contenant tous les éléments de l'ensemble $\mathcal{N}$.

En nous servant des théorèmes I et II, il est facile de donner des conditions suffisantes pour que la décomposition d'un groupe $\mathfrak{G}$, d'après le module ordinaire ou bien le double module donne naissance à un nombre fini de systèmes. Le résultat le plus général en cette direction sera

THÉORÈME III. — *Soit Σ un sous-ensemble d'éléments d'un complexe fini invariant en soi contenant exclusivement des éléments d'ordres finis du groupe $\mathfrak{G}$, soit* M *un certain sous-ensemble d'éléments du groupe $\mathfrak{G}$ et soient $\mathfrak{S}$ un sous-groupe engendré par Σ et $\mathcal{M}$ un sous-groupe engendré par* M. *Si*

1° *les éléments de l'ensemble $\Sigma+$ M engendrent le groupe $\mathfrak{G}$;*

2° $\mathcal{M}=\mathcal{M}_1\mathcal{M}_2$, *où $\mathcal{M}_1$ et $\mathcal{M}_2$ sont des sous-groupes du groupe $\mathcal{M}$;*

3° $\mathfrak{S}\mathcal{M}_1=\mathcal{M}_1\mathfrak{S}$ *et* $\mathfrak{S}\mathcal{M}_2=\mathcal{M}_2\mathfrak{S}$, *le groupe $\mathfrak{G}$ se décompose, dans le développement d'après le double module $(\mathcal{M}_1, \mathcal{M}_2)$ en un nombre fini de systèmes.*

En effet, d'après le théorème I, $\mathfrak{S}$ est un sous-groupe d'ordre fini. Des conditions 1°, 2° et 3° du théorème III et d'après le théorème II on déduit

$$\mathcal{M}_1\mathfrak{S}\mathcal{M}_2=\mathfrak{S}\mathcal{M}=\mathcal{M}\mathfrak{S}=\mathfrak{G},$$

c'est-à-dire

$$\mathfrak{G}=\mathcal{M}_1 S_1\mathcal{M}_2+\mathcal{M}_1 S_2\mathcal{M}_2+\ldots+\mathcal{M}_1 S_k\mathcal{M}_2,$$

où $S_1, S_2, \ldots, S_k$ sont des éléments différents du groupe fini $\mathfrak{S}$.

C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines fonctions entières d'ordre $\rho < 1/2$.* Note de M. **Armand Rauch**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $f(z)$ une fonction entière de la classe de divergence de l'ordre $\rho < 1/2$ et telle que

$$\lim_{k=\rho+0} \frac{\displaystyle\int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(-r)|\frac{dr}{r^{k+1}}}{\displaystyle\int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(+r)|\frac{dr}{r^{k+1}}} = \cos\rho\pi.$$

On a

$$\text{(A)}\qquad \lim_{k=\rho+0} \frac{\displaystyle\int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})|\frac{dr}{r^{k+1}}}{\displaystyle\int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(r)|\frac{dr}{r^{k+1}}} = \cos\rho\varphi \qquad (-\pi \leqq \varphi \leqq \pi);$$

$$\text{(B)}\qquad \frac{\rho}{\pi}\sin\rho\pi \lim_{k=\rho+0} \frac{\displaystyle\sum_{2\varepsilon} \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{r_n^k(e^{i\theta})}}{\displaystyle\int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(r)|\frac{dr}{r^{k+1}}} \leqq \frac{\rho}{\pi}\sin\rho\pi\,\frac{\sin\rho\pi}{\sin\rho(\pi-\varepsilon)} \qquad (0<\varepsilon<\varepsilon_0);$$

$$\text{(C)}\qquad \frac{\rho}{\pi}\sin\rho\pi \lim_{k=\rho+0} \frac{\displaystyle\sum_{2\varepsilon} \frac{1}{r_n^k(x)}}{\displaystyle\int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(r)|\frac{dr}{r^{k+1}}} = \frac{\rho}{\pi}\sin\rho\pi\,\frac{\sin\rho\pi}{\sin\rho(\pi-\varepsilon)};$$

$$\text{(D)}\qquad \lim_{k=\rho+0} \frac{\displaystyle\sum{}' \frac{1}{r_n^k(x)}}{\displaystyle\int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(r)|\frac{dr}{r^{k+1}}} = 0,$$

sauf pour un ensemble possible de valeurs x de mesure linéaire nulle. Σ et Σ' sont étendues aux modules des racines $r_n(a)$ de $f(z) = a$ situées dans $\pi - \varepsilon < \rho < \pi + \varepsilon$ et $|\varphi| < \pi$ respectivement.

Pour la démonstration posons

$$\mathrm{J}(f, \varphi, k) = \int_1^\infty \overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})|\frac{dr}{r^{k+1}} \qquad (k > \rho),$$

et appliquons les théorèmes suivants de M. Valiron [1].

$$\begin{aligned}\text{(1)}\qquad & \mathrm{J}(f, \varphi, k)\sin k(\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{2\pi}{k}\sum \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\partial_n(e^{it})}{r_n^k(e^{it})}\,dt \\ & = \mathrm{J}(f, \varphi_1, k)\sin k(\varphi_0 - \varphi_2) + \mathrm{J}(f, \varphi_2, k)\sin k(\varphi_1 - \varphi_0) + \mathrm{O}(1),\end{aligned}$$

[1] *Journal de Villat*, **10**, 1931, p. 457-480.

et

$$(2)\quad \left[J(f, \varphi_0, k) - J\left(\frac{1}{f-x}, \varphi_0, k\right)\right]\sin k(\varphi_1-\varphi_2) + \frac{2\pi}{k}\sum\frac{\delta_n(x)}{r_n^k(x)} + O(1)$$
$$= \left[J(f, \varphi_1, k) - J\left(\frac{1}{f-x}, \varphi_1, k\right)\right]\sin k(\varphi_0-\varphi_2)$$
$$+ \left[J(f, \varphi_2, k) - J\left(\frac{1}{f-x}, \varphi_2, k\right)\right]\sin k(\varphi_1-\varphi_0),$$

où Σ est étendue aux modules $r_n(x)$ et aux arguments $\omega_n(x)$ des racines de $f = x$ du secteur $\varphi_2 \leqq \omega_2(x) \leqq \varphi_1$, $r_n(x) \geqq 1$ et où

$$\delta_n = \sin k(\varphi_1 - \omega_n)\sin k(\varphi_0-\varphi_2), \qquad \text{si } \varphi_0 \leqq \omega_n \leqq \varphi_1,$$
$$\delta_n = \sin k(\omega_n - \varphi_2)\sin k(\varphi_1-\varphi_0), \qquad \text{si } \varphi_2 \leqq \omega_n \leqq \varphi_0.$$

Prenons, dans (1), successivement

$$(\varphi_2 = 0, \varphi_0 = \varphi, \varphi_1 = \pi), \quad (\varphi_1 = 0, \varphi_0 = -\varphi, \varphi_2 = -\pi), \quad (\varphi_2 = -\varphi, \varphi_0 = 0, \varphi_1 = \varphi);$$

supprimons $\Sigma > 0$ et divisons par $J(f, 0, k)$, on trouve successivement

$$\lim\frac{J(f, \varphi, k)}{J(f, 0, k)} \leqq \cos\rho\varphi, \qquad \lim\frac{J(f, -\varphi, k)}{J(f, 0, k)} \leqq \cos\rho\varphi,$$
$$2\cos\rho\varphi \leqq \lim\left[\frac{J(f, \varphi, k)}{J(f, 0, k)} + \frac{J(f, -\varphi, k)}{J(f, 0, k)}\right] \leqq 2\cos\rho\varphi.$$

On en déduit (A).

Prenons de la même façon successivement

$$(\varphi_2 = \pi - \varepsilon, \varphi_0 = \pi, \varphi_1 = \pi + \varepsilon), \qquad (\varphi_2 = -\pi + \varepsilon, \varphi_0 = 0, \varphi_1 = \pi - \varepsilon),$$

on en déduit (B).

Pour avoir (C) et (D) on applique (2) à des angles analogues en s'appuyant sur le théorème de Valiron-Nevanlinna ([2]) comme nous avons fait pour $\rho > 1/2$ ([3]).

Remarques. — On étend tout cela aux algébroïdes entières d'ordre $\rho < 1/2$ ([4]) ainsi qu'aux fonctions et algébroïdes d'ordre infini telles que

$$\varlimsup_{r=\infty}\frac{\log T(r, f)}{r} = \rho < \frac{1}{2}.$$

En remplaçant dans (B), (C) l'angle π par $\pi/2\rho$, on retrouve les

([2]) VALIRON, *Acta math.*, 47, 1925, p. 117-142; R. NEVANLINNA, *Le théorème de Picard-Borel et la théorie des fonctions méromorphes*, p. 82, Paris.

([3]) RAUCH, *Bull. Soc. Math.*, 64, 1936, p. 71-77.

([4]) RAUCH, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 818-820.

résultats relatifs à $\rho > 1/2$. D'après (D) les racines de $f(z) = x$ sont assez rares dans l'angle $|\varphi| < \pi$ tandis que d'après (C) et un résultat de ma thèse ([5]) $\varphi = \pi$ est une direction de Borel de divergence d'ordre ρ.

Remarquons aussi que nous retrouvons les résultats de M. Valiron pour le cas où $f(z)$ a tous ses zéros sur l'axe réel négatif ([6]).

MÉCANIQUE DES FLUIDES EXPÉRIMENTALE. — *Étude du tunnel hydrodynamique Toussaint-Carafoli en vue de l'obtention de mouvements bidimensionnels. Écoulements avec circulation.* Note ([1]) de M. **Alexandre Favre**, présentée par M. Henri Villat.

La mesure des pressions dans le plan médian d'une maquette d'aile Joukowski ([2]) nous a permis de déterminer la courbe unitaire de sustentation en fonction de l'incidence, la hauteur h du tunnel et la vitesse V du courant étant constantes; cette courbe coïncide pratiquement avec la courbe expérimentale relative à une aile d'allongement *fini* $\Lambda = 3{,}5$ ([3]) (avec $h = 11^{\text{mm}},3$, $V = 100$ cm/sec; corde de l'aile, $L = 150^{\text{mm}}$). De plus, les courbes de pression sur l'aile, et principalement l'évolution du point de stagnation correspondent aussi à l'hypothèse de Joukowski sur la circulation, à la condition de tenir compte de l'allongement efficace.

Nous avons étudié l'influence de h et V sur les spectres, à incidence sustentatrice constante ($i^{\circ} = 3^{\circ},7$) dans les mêmes conditions que dans le cas de la circulation nulle ($i^{\circ} = -8^{\circ},2$) : $L = 450^{\text{mm}}$, $3^{\text{mm}},7 \leqq h \leqq 20^{\text{mm}}$, $50 \leqq V \leqq 280$ cm/sec. L'influence de la vitesse du courant est du même ordre que dans ce dernier cas, c'est-à-dire très faible; par contre, on constate une *importante évolution des spectres* dans le sens de l'augmentation de circulation lorsque la hauteur du tunnel croît de 3,7 à 20^{mm}. Les lignes isochrones et les lignes de courant présentent respectivement des variations angulaires dont l'ordre de grandeur est la dizaine de degrés. L'évolution d'ensemble peut être caractérisée par celle des lignes de courant aboutissant au point de stagnation, qui montre que ce point est

---

([5]) *Journal de Villat*, **12**, 1933, p. 109-171.

([6]) *Opuscula A. Wiman dedicata*, 1930, p. 11.

([1]) Séance du 8 novembre 1937.

([2]) A. Favre, *Comptes rendus Journ. de Méc. Fluides*, Lille, **1**, 1934, p. 93, Paris.

([3]) Dans un tunnel de largeur infinie l'allongement efficace serait de trois d'après les formules de M. Toussaint concernant les corrections de parois latérales du tunnel (A. Toussaint et Pivko, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 206; **202**, 1936, p. 1834).

assez proche de la position théorique correspondant à $\Lambda = \infty$ lorsque $h = 20^{mm}$, et révèle une importante diminution de la circulation lorsque h décroît jusqu'à $3^{mm},7$. Les valeurs des coefficients de vitesse moyenne, mesurés comme dans le cas où la circulation est nulle, présentent l'évolution correspondant à l'évolution qualitative, les différences extrêmes atteignent 13 pour 100.

La circulation est donc nettement influencée par la présence des parois horizontales du tunnel. Nous avons essayé de donner une explication de ce phénomène par une étude dont nous indiquons très succinctement le principe et les résultats.

La vitesse du courant s'annulant au contact des parois horizontales du tunnel, en raison de la condition aux parois d'un fluide réel, la circulation s'y annule également et des nappes de tourbillons libres s'échappent au bord de fuite de l'aile. Ces tourbillons induisent dans le plan médian des vitesses qui, lorsque l'allongement de l'aile est faible, varient au long de la corde et sont particulièrement importantes au bord de la fuite. Il s'ensuit que :

a. La vitesse induite moyenne dans la section médiane de l'aile est équivalente à une rotation d'ensemble qui détermine l'apparition d'une résistance induite (faible);

b. La variation de vitesse induite au long de la section médiane est équivalente à une déformation du profil (particulièrement importante au bord de fuite) qui modifie les valeurs de sustentation et explique l'évolution de la circulation en fonction de la hauteur du tunnel.

En remplaçant le mouvement du fluide réel dans le tunnel par le mouvement d'un fluide parfait en milieu illimité comportant les répartitions tourbillonnaires correspondant aux tourbillons attachés aux parois de l'aile et du tunnel, et aux tourbillons libres émis au bord de fuite, ainsi qu'à leurs deux séries infinies d'images par rapport aux parois du tunnel, nous avons, grâce à quelques hypothèses peu restrictives, et en utilisant notamment la théorie des profils minces de Munk pour évaluer l'influence des déformations du profil dues à la vitesse induite, calculé la résultante aérodynamique relative à l'écoulement dans le plan médian de l'aile [1].

La résultante est donnée par les formules habituelles à la condition d'utiliser pour le calcul de la sustentation l'allongement fictif Λ, et pour le calcul de la résistance induite l'allongement fictif λ_{eff}. On a

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{4\lambda}\left\{ C_{i=N} + \sum_{i=0}^{i=N} \left[\left(\frac{C_{i+1} - C_i}{\xi_{i+1} - \xi_i}\,\xi_{i+1} - C_{i+1} \right) J_i - \left(\frac{C_{i+1} - C_i}{\xi_{i+1} - \xi_i} - C_{i=N} \right) K_i \right] \right\},$$

$$\frac{1}{\lambda_{\text{eff}}} = \frac{1}{4\lambda} C_{i=N}, \qquad a_n = n + \frac{1}{2} - \frac{\varepsilon}{h}, \qquad a'_n = n + \frac{1}{2} + \frac{\varepsilon}{h},$$

---

(1) $C'_z = 2\pi(1+\sigma)(\alpha + \tau - \Delta\tau)$; $\Delta\tau = C_z/\pi\Lambda$; $C_x = C_z^2/\pi\lambda_{\text{eff}}$; λ_{eff} correspond à l'effet noté en (*a*) et Λ à l'effet noté en (*b*).

et

$$C_i = \sum_{n=0}^{n=\infty} \left\{ \frac{1}{a_n} \left[\xi_i + \sqrt{a_n^2 \lambda^2 + (1-\xi_i)^2} - \sqrt{a_n^2 \lambda^2 + 1} \right] - \frac{1}{a'_n} \left[\xi_i + \sqrt{a'^2_n \lambda^2 + (1-\xi_i)^2} - \sqrt{a'^2_n \lambda^2 + 1} \right] \right\},$$

$$J_i = \frac{2}{\pi} \left[\sqrt{\frac{\xi}{1-\xi}} \right]_{\xi_i}^{\xi_{i+1}}, \qquad K_i = \frac{2}{\pi} \left[\sqrt{\frac{\xi}{1-\xi}} - \arcsin\sqrt{\xi} \right]_{\xi_i}^{\xi_{i+1}},$$

$\lambda = h/L$ allongement géométrique de l'aile placée entre parois planes; $\xi = x/L$ abscisse relative de l'aile divisée en N parties ($\xi_0 = 0, \ldots, \xi_i, \ldots, \xi_N = 1$; origine au bord d'attaque). $\varepsilon = ks$, s épaisseur de la couche limite et k coef. exp. $0 < k < 1$.

Dans le cas d'un fluide parfait $s = \varepsilon = 0$, $\Lambda = \lambda_{eff} = \infty$. Dans le cas d'une aile d'allongement géométrique assez grand placée jointivement entre parois parallèles on a $\Lambda = \lambda_{eff} = 4/\pi^2 . h/\varepsilon . h/L$; l'allongement efficace est alors très supérieur à l'allongement géométrique car h/s a en général une valeur élevée. Dans le cas d'une aile d'allongement très faible (tunnel plat) on obtient en fait l'écoulement autour d'un profil dont le bord de fuite est fictivement déformé par les vitesses induites, la région antérieure de l'aile étant beaucoup moins affectée par ces vitesses.

Le tunnel hydrodynamique Toussaint-Carafoli permet donc d'obtenir avec une bonne approximation des mouvements expérimentaux bidimensionnels sans circulation; lorsque la circulation n'est pas nulle il convient de tenir compte des corrections précitées.

AÉRODYNAMIQUE. — *De l'influence du souffle de l'hélice propulsive sur la portance de l'avion et de la méthode à suivre pour exploiter les résultats d'essais de portance d'une aile soumise au souffle d'une hélice.* Note (1) de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons (2) défini les polaires d'avions complets et donné celles d'une maquette du Caudron C460 essayée à la Soufflerie de l'Institut de Saint-Cyr. On peut tracer également les courbes $\overline{C_x}$, $\overline{C_z}$ et γ en fonction de l'incidence. Nous avons représenté (*fig.* 1) le réseau des courbes unitaires de portance, $\overline{C_z}$, à différentes valeurs de l'angle de la trajectoire φ. On remarquera que les courbes s'étagent les unes au-dessus des autres à mesure que φ croît (3). Elles sont toutes situées au-dessus de la courbe

(1) Séance du 15 novembre 1937.

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 716.

(3) Remarquons, à titre de curiosité, que pour des trajectoires théoriques voisines de 90° les courbes $\overline{C_z}$ tendent vers l'infini pour des i décroissants lorsque φ croît. Ces

unitaire de portance du planeur, C_z. Même la courbe $\overline{C}_z$ correspondant au fonctionnement au couple nul ($C = 0$), que nous avons porté également sur la planche, est située sensiblement au-dessus de la courbe C_z.

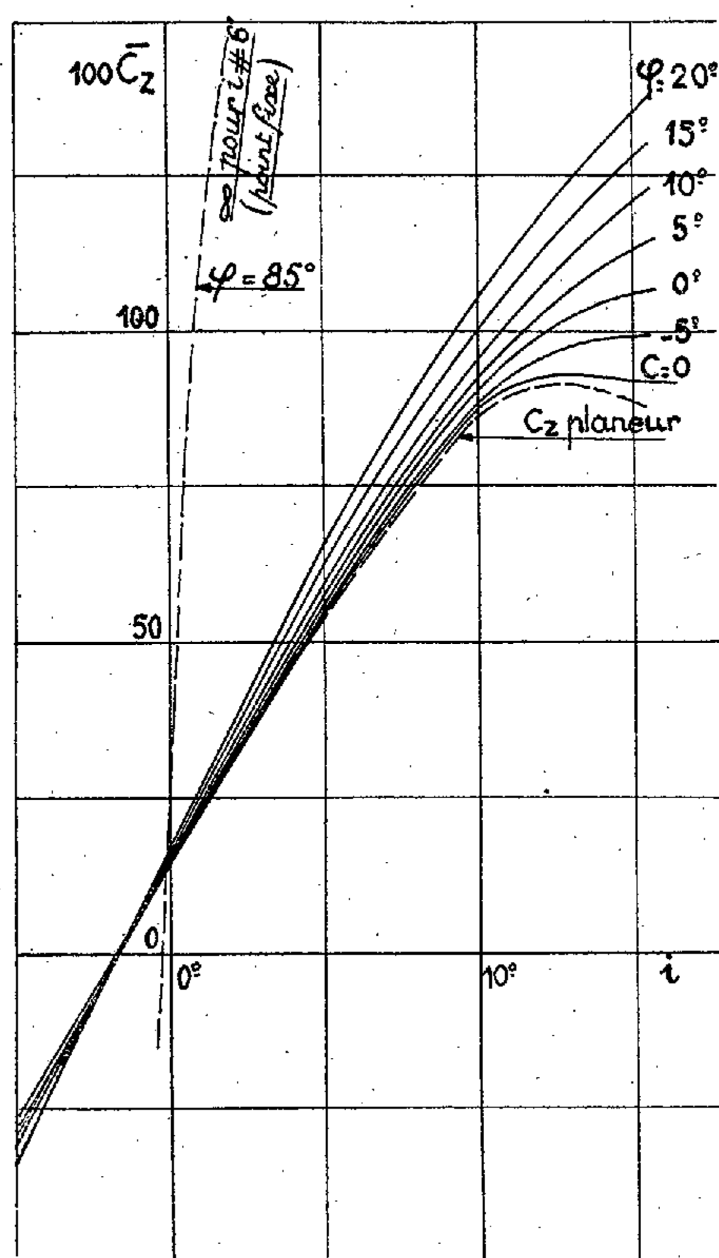


Fig. 1.

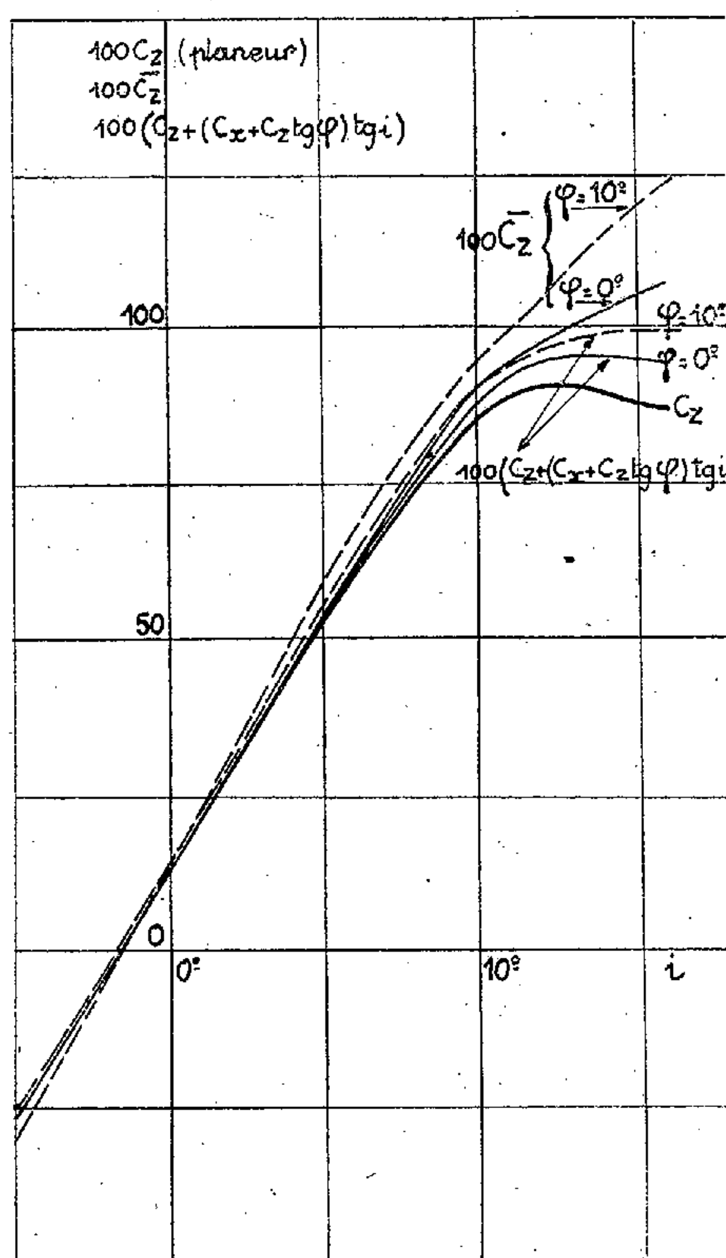


Fig. 2.

La courbe $\varphi = 85°$ est donnée à simple titre de curiosité.

Influence du souffle de l'hélice sur la portance. — Nous avons [2]

$$\overline{C}_z = C_z + (C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i;$$

C_z représente la portance du planeur soumis au souffle de l'hélice. Le terme complémentaire $(C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i$ représente la part de traction de l'hélice dans la portance de l'avion complet. L'influence du souffle de

points à l'infini correspondent au fonctionnement au point fixe et les valeurs de φ sont données pour chaque incidence par $\operatorname{tang}\varphi = \mathfrak{T}/\mathfrak{X}$, $\mathfrak{T}$ étant la traction de l'hélice et $\mathfrak{X}$ la poussée due au souffle de l'hélice au point fixe et à cette incidence. Comme il est facile de s'en rendre compte on devrait avoir : $\varphi = 90° - i$, mais les parois du tunnel perturbent un peu les phénomènes de point fixe.

l'hélice sur la *portance du planeur* serait donnée par la variation de C_z. L'étude d'un avion complet ne la fournit pas. Mais il est au moins aussi intéressant de comparer $\overline{C}_z$ à $C_z + (C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i$ déduit (pour les mêmes cas de vol i et φ) de la polaire du planeur en tenant compte du terme complémentaire. Nous avons donné (*fig.* 2) la courbe C_z et les courbes $C_z + (C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i$ et $\overline{C}_z$ pour $\varphi = 0$ et $\varphi = +10°$. Les écarts entre les courbes C_z et $C_z + (C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i$ représentent l'influence de la traction de l'hélice sur la portance de l'avion d'après la polaire du planeur, les écarts entre $C_z + (C_x + C_z \operatorname{tang}\varphi) \operatorname{tang} i$ et $\overline{C}_z$ représentent l'influence du souffle de l'hélice sur la portance de l'avion complet.

Influence de la variation du pas et du diamètre. — Nous avons effectué sur la maquette du C460 au 1/5e des essais avec des hélices de pas et de diamètres variés : diamètres de 0m,32, 0m,34, 0m,36, 0m,38; pas relatifs, h, variant de 1,0 à 2,0. Ces essais entrant dans le programme d'une étude de l'adaptation furent effectués uniquement aux régimes du vol horizontal et permirent le tracé des courbes $\overline{C}_z$ en fonction de i pour $\varphi = 0$. Les différentes courbes unitaires se trouvèrent pratiquement confondues les unes avec les autres et en particulier avec celle ($\varphi = 0$) de la figure 1 ($D = 0^m,34$, $h = 1,6$). Il est logique d'en déduire qu'il en serait de même pour toutes les courbes $\overline{C}_z$, i à φ constant et que la portance de l'avion complet, *fonction des conditions du vol* (i, φ) *est sensiblement indépendante du pas et du diamètre de l'hélice utilisée* (du moins pour une variation assez faible telle qu'elle peut se présenter dans l'étude de l'adaptation de l'hélice à l'avion).

Méthode à suivre pour étudier l'influence du souffle de l'hélice sur la portance d'une aile. — Le problème de l'influence du souffle sur le C_z peut se présenter autrement. Supposons que l'on effectue l'essai d'une aile derrière des hélices indépendantes de pas et de diamètres variés. Dans le faisceau des résultats obtenus en faisant varier les trois paramètres $\gamma = V/nD$, h et D il faudra comparer nécessairement des fonctionnements homologues. Ce sont, d'après ce que nous avons vu, ceux qui feraient correspondre une même utilisation (i, φ) à un même planeur ou, ce qui revient au même, ceux qui assurent une même *traction effective de l'hélice* [3]; en effet, on a

$$T = \tau \rho n^2 D^4 = \frac{\tau}{\gamma^2} \frac{\rho}{2} 2 D^2 V^2 = C_x \frac{\rho}{2} S V^2 + P \sin\varphi,$$

on en tire

$$2 D^2 \frac{\tau}{\gamma^2} = S(C_x + \overline{C}_z \operatorname{tang}\varphi).$$

---

(3) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 603.

A diamètre constant il faudra donc comparer entre eux les $\overline{C}_z$ correspondant à un même τ/γ^2, et à diamètre varié, à un même $2D^2\tau/\gamma^2$. C'est en fait ce que nous avons fait pour notre maquette d'avion complet en comparant les $\overline{C}_z$ correspondant à un même i et un même φ.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Sur un nouveau micromètre astronomique à double image.* Note (¹) de M. **Paul Muller**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La mesure des petites distances angulaires dans le champ d'un instrument astronomique pose un problème auquel, de l'avis de tous les observateurs, le micromètre à fils n'apporte qu'une solution très imparfaite. Tant dans la mesure des étoiles doubles que dans la détermination des petits diamètres, on a reconnu depuis longtemps la supériorité du principe de la double image; et si le micromètre à fils continue à être d'un emploi à peu près général, c'est parce qu'on n'a jamais proposé un appareil à double image assez exempt de défauts pour le remplacer dans ces mesures. La plupart des dispositifs réalisés ou seulement décrits comportent des pièces optiques nombreuses, facilement déréglables, ou bien la séparation des deux images se fait aux dépens de leur qualité optique. L'un des meilleurs était celui de la lunette de Rochon, où le dédoublement s'obtenait dans un biréfringent, mais les images présentaient des aberrations considérables et variables précisément dans la mesure elle-même.

Cependant M. Danjon, ayant pu, dans l'emploi de son nouveau micromètre interférentiel à demi-onde, s'assurer des avantages des instruments à double image, m'avait chargé de rechercher les améliorations possibles dans cette voie. Le dispositif que j'ai réalisé donne toute satisfaction au point de vue des images, et possède d'autres avantages précieux. Il a suffi, pour diminuer dans une large mesure les aberrations intolérables de la lunette de Rochon, de rendre le biréfringent mobile non plus le long de l'axe de la lunette, mais dans une direction normale à l'axe. La théorie, dont les détails ne seront pas donnés ici, prouve qu'on atteint encore, de cette façon, à un dédoublement linéaire variable; elle permet ensuite d'étudier les limites d'emploi, réglages et précautions indispensables pour opérer dans les

(¹) Séance du 15 septembre 1937.

meilleures conditions. Il est à remarquer que l'effet utilisé intervenait comme erreur systématique possible (et certainement ignorée) dans la lunette de Rochon, et donne une explication simple de la mauvaise qualité des images dans cet instrument.

Le prisme (de Rochon ou de Wollaston par exemple) est placé dans la lunette de façon à contenir le foyer, et il est assujetti au milieu du chariot porte-fils d'un micromètre ordinaire, muni de son cercle de position. Sa face d'entrée est normale à l'axe de la lunette, et le prisme est orienté de façon à dédoubler l'image dans une direction parallèle à l'axe de la vis micrométrique; on vise le plan focal à l'aide d'un microscope de distance frontale suffisante. La théorie et l'expérience montrent que la distance relative des deux images d'une étoile varie linéairement en fonction des déplacements du prisme, avec un coefficient de proportionnalité très faible, fonction de l'angle de coupe; pour un Rochon de 45° par exemple, il vaut 1/170e. On règle la position du prisme de façon que les images passent en coïncidence non loin du milieu de la course de la vis, limitée par l'arrivée des bords du prisme. La seule pièce optique supplémentaire dans la lunette est donc le biréfringent, dont le déplacement est guidé aussi strictement que celui d'un fil d'araignée, avec l'avantage d'un tour de vis angulaire beaucoup plus petit. Dans l'application aux mesures d'étoiles doubles, on mesure l'angle de position par alignement, et l'on dispose pour la distance de quatre méthodes différentes, dont deux ou trois s'appliquent souvent au même couple; elles donnent respectivement la distance (équidistance croisée), la double distance (losange ou carré) et la quadruple distance (équidistance extérieure), cette dernière convenant aux couples les plus serrés.

L'instrument est en service depuis le 16 janvier 1937 à l'équatorial de 16^{cm} de l'Observatoire de Strasbourg, et un second exemplaire, réalisé récemment, a permis un certain nombre d'observations au grand équatorial de 49^{cm}. Les résultats obtenus jusqu'à présent me permettent les conclusions suivantes. Les mesures sont très rapides et donnent une impression de sécurité inconnue avec le micromètre à fils; elles sont d'autant moins fatigantes qu'avec un tour de vis inférieur à la seconde d'arc (0″,74) il n'est plus nécessaire de lire le millième de tour. Le mode de lecture est immédiatement familier, puisqu'on a le cercle de position et le tambour divisé habituels. J'ai effectué jusqu'à présent (8 novembre) au total 337 observations (127 étoiles) dont 297 à l'instrument de 16^{cm} (111 étoiles, dont 9 communes

aux deux instruments). Parmi ces dernières, j'ai fait une statistique des étoiles observées au moins trois fois (55 étoiles), laquelle donne les écarts moyens suivants par observation :

Distances.	Nombre d'étoiles.	Distance moyenne.	E. m. en distance.	E. m. en angle.
1″-2″	16	1″,6	0″,016	0°,58 = 0″,016
2 -3,5	17	2,8	0,032	0,45 = 0,022
3,5-6	13	4,6	0,036	0,33 = 0,028
> 6	9	7,7	0,042	0,39 = 0,051

L'écart est donc sensiblement le même suivant les deux coordonnées et vaut un peu moins de 1 pour 100 de la distance, en augmentant légèrement pour des distances qui, pour l'instrument utilisé, sont déjà petites.

Le système comporte deux inconvénients de nature assez différente. Le plus grave en apparence réside dans le principe même de l'instrument : tout déplacement de l'étoile dans le champ fait varier la distance de ses deux images. Mais, entre les nombres qui mesurent l'effet et la cause, il y aura précisément ce rapport très faible dont il est question plus haut. En tous cas, l'écart moyen des pointés n'en paraît pas affecté en général, et il est facile d'opérer de façon à éliminer toute marche régulière, grâce en particulier à la rapidité des mesures. Le second inconvénient est dans la faible étendue de la course du prisme, qui dans l'instrument utilisé à l'équatorial de 16^{cm} équivaut à 15-16″. La plupart des couples sont accessibles, mais il faut faire au laboratoire, et non sur le ciel, l'étalonnage dont la théorie ne peut dispenser entièrement; d'autre part, on devra apporter beaucoup de soin dans la détermination de la lecture du mouvement diurne.

Actuellement, les avantages de l'instrument semblent bien l'emporter sur ses inconvénients. Ce micromètre à étoiles doubles et à petits diamètres permet, en outre, d'étendre l'usage du photomètre de Pickering aux étoiles serrées. Celui des deux instruments qui s'adapte au grand équatorial est muni des organes nécessaires et peut servir sans la moindre modification, dans la même soirée et au besoin sur la même étoile, comme micromètre ou comme photomètre.

PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du frottement* solide. Note de MM. **Jean Mercier** et **Jean Dubois**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le frottement de deux surfaces solides en contact et animées l'une par rapport à l'autre d'une certaine vitesse dépend de la nature des surfaces, des traitements qu'elles ont subis, de leur contexture superficielle et de leur état moléculaire. Aussi le coefficient de frottement tel qu'on le définit habituellement doit-il être d'autant plus grand que les deux surfaces en regard sont en contact plus intime, que leurs états moléculaires sont plus voisins l'un de l'autre et que le temps de contact a été plus long. Et l'on conçoit ainsi très bien que le coefficient de frottement dit *au départ* (qui n'est atteint qu'au bout d'un certain temps de contact) soit supérieur à celui dit *en mouvement*, et que le coefficient K dit de *glissement* soit plus grand que celui dit de *roulement*.

Le coefficient de frottement K dépend de la température, ce qui se conçoit aisément, et de la vitesse. Plusieurs expérimentateurs ont montré que dans certains cas il augmente avec la vitesse, tandis que dans d'autres cas il varie en sens inverse.

Nous avons cherché à poursuivre sur ce sujet une étude systématique dont nous désirons indiquer les premiers résultats, bien que la difficulté de polir et de nettoyer des surfaces, l'impossibilité de les obtenir rigoureusement planes font que la précision obtenue est restée assez faible [1].

1° Les courbes qui donnent K en fonction soit de la pression, soit de la vitesse relative sont d'autant plus régulières que celles-ci sont plus élevées.

L'effet de la pression se comprend, les contacts étant mieux définis et mieux assurés à plus forte pression. D'ailleurs, avec des cristaux clivés comme le mica ou des corps mous comme la paraffine, pour lesquels les contacts sont bons, les courbes présentent tout de suite une grande régularité.

Aux faibles vitesses il y a tendance au grippage et pour les vitesses infé-

[1] Quelquefois même des parcelles sont arrachées, d'où des rayures et des grippages, et cela se produit d'autant mieux que les surfaces sont plus propres, plus sèches, plus molles comme avec le verre très sec et flambé et l'aluminium.

rieures à 1/10e de millimètre seconde, les résultats obtenus ont été très irréguliers.

2° A partir de sa valeur au départ, k diminue rapidement lorsque la vitesse croît et, *dans tous les cas étudiés, il y a un minimum très accusé et qui correspond à une vitesse de quelques dixièmes de millimètre seconde.*

Le plus souvent ce minimum est suivi d'un maximum. Cependant pour des vitesses de 15mm/sec, celui-ci est à peine atteint avec le mica ou la paraffine, tandis que l'on a déjà avec l'acier plusieurs maxima et plusieurs minima.

D'ailleurs, pour les grandes vitesses comme pour les fortes pressions, les variations tendent à devenir plus lentes.

Notons aussi que la valeur au départ semble croître sans limites lorsque la pression tend vers zéro.

3° La dureté joue un très grand rôle. C'est ainsi que nous venons de voir que K n'atteignait un maximum avec le mica ou la paraffine que pour des vitesses de 15 mm/sec ou plus, tandis que ce maximum est obtenu pour une vitesse de l'ordre du cm/sec avec le verre ordinaire ou le verre argenté, et qu'avec le nickel, l'acier et l'aluminium, les vitesses correspondantes sont égales ou inférieures à 1 mm/sec.

La valeur *moyenne* de K est elle-même d'autant plus petite que les plaques frottantes sont plus dures.

4° Le poli des surfaces est également très important. Si par exemple l'on polit progressivement des échantillons d'acier, les courbes obtenues semblent se replier sur elles-mêmes à la manière d'un accordéon, et maxima et minima sont atteints pour des vitesses beaucoup plus faibles.

Le grain est alors plus fin et il semble bien qu'il y ait là une conséquence de ce que l'on pourrait appeler la périodicité moyenne de la contexture superficielle. Le temps pendant lequel deux molécules, deux groupes ou deux amas moléculaires restent en contact doit alors jouer un rôle important. Et suivant sa valeur relativement à la durée propre des phénomènes transitoires dont les éléments superficiels peuvent être le siège (il s'agirait ici de phénomènes plus ou moins périodiques de compression ou d'extension ou encore d'orientation), on pourrait avoir tantôt un maximum, tantôt un minimum. Il y aurait donc là une possibilité d'atteindre cette durée qui doit être de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-8} sec.

Enfin, comme on le sait depuis longtemps d'ailleurs, le polissage entraîne et dans tous les cas, une diminution du coefficient de frottement.

Ces premières conclusions, bien incomplètes sans doute, ne manquent

cependant pas d'intérêt car elles montrent que les lois simples habituellement admises ne sont pas valables. Il conviendra de poursuivre les expériences dans des conditions variées, pour chercher en particulier à préciser l'influence de la charge.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *A propos des vases de Dewar.* Note de M. **P.-L. Violle**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que, sous le nom de *vases de Dewar*, on désigne des vases en verre à double paroi dans lesquels l'espace intermédiaire est vide d'air et la paroi intérieure est argentée. L'échauffement par conduction ainsi que le rayonnement sont ainsi extrêmement diminués.

Depuis quelques années l'invention de ces vases n'est plus entièrement accordée, comme le faisaient les anglo-saxons, à l'américain Dewar.

On estime que la réalisation de ces récipients s'est faite en deux temps : un premier temps, utilisation d'une paroi de vide, due à d'Arsonval; un deuxième temps, argenture, due à Dewar.

Or c'est le physicien français Jules Violle qui, le premier, *et en un seul temps*, réalisa ces vases, tant en utilisant l'espace vide que l'argenture.

La description de son vase se trouve dans une Communication à l'Académie des Sciences du 5 juin 1882, *Sur un calorimètre par refroidissement.* Il dit :

Je prends une petite bouteille de verre mince, à col étroit et à double enveloppe, entre les deux enveloppes de laquelle on a fait un bon vide avant de fermer l'enveloppe extérieure. L'appareil porte ainsi avec lui son enceinte, et les conditions de refroidissement resteront toujours identiquement les mêmes. J'ai fait construire différentes bouteilles de diverses capacités : certaines d'entre elles ont la surface extérieure de l'enveloppe intérieure argentée, de façon à ralentir et régulariser encore le rayonnement.

Ce n'est que six ans plus tard, le 11 février 1888, que M. d'Arsonval, dans une Communication à la Société de Biologie, *Sur l'action thermo-isolatrice du vide sec*, utilise le vide sec, fait dans un vase en verre, comme enveloppe pour arrêter la chaleur obscure.

L'appareil, dit-il, se compose en principe de deux vases en verre, entrant l'un dans l'autre et soudés de façon à former un vase unique.

M. d'Arsonval décrit ainsi de nouveau le vase de Jules Violle, sans, toutefois, avoir pensé à l'argenture des parois.

Au demeurant, trois années passeront encore avant que Dewar réalise son vase avec paroi de vide et couche de mercure.

C'est, en effet, seulement en 1891 ([1]) que Dewar décrira son *Vacuum vessel* qui « permet l'isolement thermal par l'emploi de deux parois de verre avec un espace parfait de vide entre les deux, tandis que, sur la surface interne de la paroi externe, une mince couche de mercure réduit grandement la pénétration de la chaleur par radiation ».

Est-il nécessaire de rappeler que, depuis leur apparition déjà bien ancienne, les vases de Jules Violle ont, en dehors de leurs applications scientifiques, été universellement employés sous le nom de bouteilles Thermos.

MÉTROLOGIE. — *Étude préliminaire de thermomètres à mercure de précision en quartz fondu.* Note de M. **Henri Moreau**, présentée par M. Charles Fabry.

La mesure précise d'une température au moyen du thermomètre à mercure en verre exige, en principe, l'observation de la position du point zéro immédiatement après la lecture. Deux phénomènes rendent nécessaire cette opération supplémentaire : 1° la *dépression du zéro*, conséquence de l'hystérésis des verres employés; 2° l'*ascension lente* (marche progressive) du zéro dans le cours du temps. Pour ce qui concerne le premier phénomène, de beaucoup le plus important, on remplace parfois, dans la pratique, la détermination du zéro par l'application d'une correction, dite de *dépression du zéro*, bien définie dans le cas où les thermomètres ont été maintenus assez longtemps à une température déterminée. Mais certaines expériences, exécutées à diverses températures, dans des enceintes closes d'où les thermomètres ne peuvent être extraits, ne permettent pas les observations correspondantes du zéro; et d'autre part, si les thermomètres n'ont été soumis que pendant de courts intervalles de temps à des températures différentes successives, la correction de dépression est mal définie et entraîne, de ce fait, quelque incertitude dans la mesure des températures.

L. Marchis réalisait déjà, en 1895, un thermomètre à mercure avec réservoir en platine soudé à une tige en *verre vert* recuit, assurant l'invariabilité

([1]) *Philos. Magaz.*, 36, 1893, p. 398; *A Dictionary of applied Physics*, by Sir Richard Glazebrook. London, 1922, p. 564.

du zéro ([1]). Les difficultés de construction, les souillures du mercure bien difficiles à éviter et la fragilité d'un tel instrument l'ont fait abandonner.

C'est principalement par l'emploi du quartz fondu [déjà proposé depuis de nombreuses années ([2])] que l'on a cherché à s'affranchir de cette correction de dépression; toutefois la difficulté d'obtenir des tiges en quartz fondu transparent ayant un tube capillaire de section suffisamment régulière était, jusqu'à ces derniers temps, un obstacle à la construction de thermomètres de précision.

J'ai étudié récemment un thermomètre *Siebert et Kühn* en quartz fondu, à tige claire, avec graduation équidistante sur la tige, couvrant l'intervalle de température [— 4° + 52°].[+ 98° + 102°], et présentant de réelles qualités de fabrication; les principales conclusions de cette étude peuvent se résumer ainsi :

La section du tube capillaire, quoique comportant d'assez fortes corrections de calibre, est, du moins, exempte de brusques variations.

Les coefficients de pressions extérieure et intérieure sont du même ordre de grandeur ($0^{deg},00015$ par millimètre de pression mercurielle) que ceux des verres thermométriques actuels.

Les observations de la position du point zéro après élévation de température (observations également effectuées sur un second thermomètre à division rectifiée) se sont échelonnées de juin 1936 à novembre 1937. Durant cette période, les thermomètres ont été portés à des températures comprises entre — 40° et + 140°C.; aucune variation appréciable du point zéro n'a été constatée. Ci-dessous sont notées quelques-unes des observations caractéristiques :

Dates.	Températures antérieures auxquelles a été soumis le thermomètre.	Position du zéro.
18 août 1936	maintenu à 19°	+0°,031
»	quelques instants à 100°	+0,030
9 octobre 1936	après 22°	+0,026
15 décembre 1936	8 jours à 100°	+0,028
23 »	16 jours à 100°	+0,032
8 janvier 1937	1 mois à 100°	+0,029
26 février 1937	2 h. à — 40° et 1 h. 30 à + 140° ([3])	+0,030
27 »	18 h. 30 à + 140°	+0,031
16 novembre 1937	maintenu à 15°	+0,025
»	quelques instants à 100°	+0,026

([1]) *Journal de Physique*, 3e série, **4**, 1895, p. 217.

([2]) A. Dufour, *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 775.

([3]) La position du zéro d'un thermomètre à réservoir en verre d'Iéna 16^{III} a varié, dans les mêmes conditions, de — $0^{deg},14$.

Les faibles écarts décelés ne présentent aucune allure systématique; ils sont de l'ordre des erreurs d'observation possibles sur ce thermomètre.

La marche progressive du zéro paraît également insensible, alors qu'elle atteint, avec les verres thermométriques actuels, $+0^{\text{deg}},01$ à $+0^{\text{deg}},03$ pendant la première année qui suit la construction.

Je n'ai pu encore effectuer des observations suffisamment précises et complètes pour en déduire, dans tout l'intervalle [0.100], la différence de marche de l'échelle pratique du thermomètre à mercure en quartz fondu par rapport à l'échelle normale du thermomètre à hydrogène; quelques comparaisons rapides entre 9° et 51° m'ont conduit à la valeur suivante, qui donne l'écart des deux échelles aux environs de 45° :

$$T_{(\text{hydrogène})} - t_{(\text{quartz})} = +0^{\text{deg}},14.$$

Les expériences doivent être poursuivies sur deux nouveaux thermomètres. Si les avantages du quartz fondu comme enveloppe thermométrique pour des instruments de précision se trouvent confirmés, principalement en ce qui concerne l'annulation de la *dépression* et de la *marche progressive* du zéro (ces deux graves inconvénients qui avaient été la cause d'une certaine désaffection portée aux thermomètres à mercure), ce résultat serait de nature à ramener, du moins pour les températures peu élevées, la faveur aux thermomètres à mercure d'un usage si commode.

ONDES HERTZIENNES. — *Triage d'ondes par systèmes de résistances périodiquement variables.* Note de M. **Leonid Gabrilovitch**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Un seul moyen a été employé jusqu'à présent pour trier les ondes électriques, à savoir la résonance (ou son homologue, le filtrage électrique). Or ce moyen ne permet ni de séparer des ondes modulées à bandes latérales chevauchantes, ni d'éliminer les effets d'impulsions brusques ou de régimes transitoires.

Le procédé utilisé consiste dans la variation périodique de la résistance intérieure de tubes thermioniques, cette variation devant être synchronisée avec la porteuse de l'onde modulée qu'on désire éliminer. *On fait ainsi dépendre un des paramètres du système récepteur* (sa résistance) *d'un des éléments de l'ensemble d'oscillations agissant sur ce système.* La variation de la résistance intérieure des tubes thermioniques est obtenue soit à l'aide

d'une polarisation variable de leurs grilles, soit à l'aide d'un soufflage magnétique ou électrostatique variable.

Soit $E = A \sin \omega t + B \sin(\omega + \varepsilon) t$ la somme de deux ondes agissant sur le dispositif de triage, A et B pouvant être soit de simples constantes, soit des fonctions de t.

Si la résistance totale R_t du dispositif de triage varie suivant la loi

$$R_t = R_0 + q \,|\sin \omega t|,$$

où R_0 et q sont des constantes, le courant I_p sortant du dispositif en question s'écrira

$$I_p = \frac{A \sin \omega t}{R_0 + q\,|\sin \omega t|} + \frac{B \sin(\omega + \varepsilon) t}{R_0 + q\,|\sin \omega t|} = \frac{(A + B \cos \varepsilon t) \sin \omega t}{R_0 + q\,|\sin \omega t|} + \frac{B \sin \varepsilon t \cos \omega t}{R_0 + q\,|\sin \omega t|}.$$

Il est évident qu'à tout moment le terme

$$\left| \frac{(A + B \cos \varepsilon t) \sin \omega t}{R_0 + q\,|\sin \omega t|} \right| < \frac{A + B}{q}.$$

On peut donc, en augmentant q, rendre le terme considéré aussi petit que l'on veut, ce qui équivaut à la suppression de l'onde $A \sin \omega t$.

Quant au terme $B \sin \varepsilon t \cos \omega t / R_0 + q\,|\sin \omega t|$, sa valeur oscille entre $+B/R_0$ et $-B/R_0$, et ce, indépendamment de la valeur de q.

La variation de la résistance intérieure d'un tube thermionique permet donc de supprimer l'onde dont la porteuse a la même cadence que celle de la variation de la résistance utilisée, tout en maintenant l'onde qui n'oscille pas en synchronisme avec cette variation.

L'expérience a prouvé le bien-fondé de ces raisonnements.

Les résultats suivants ont été obtenus jusqu'à présent :

a. Affaiblissement d'une onde modulée qui traverse un ensemble de lampes dont la résistance intérieure varie en synchronisme avec la porteuse de l'onde en question. Cet affaiblissement atteint 57,2 décibels par étage.

b. Séparation de deux ondes écartées l'une de l'autre d'un très petit nombre de cycles (on est descendu jusqu'à une fraction de période par seconde, pour deux ondes dont la fréquence était de l'ordre de grandeur de 3000 p/s).

c. Élimination d'un brouilleur entretenu plongé dans le spectre de fréquence d'une onde modulée; cette élimination se produisait régulièrement, même dans le cas où le brouilleur coïncidait avec l'une ou l'autre des ondes latérales.

d. Séparation de deux ondes modulées dont les bandes latérales sont presque entièrement superposées (écart des porteuses 100 p/s; largeur de chacune des bandes 2000 p/s).

Le procédé utilisé par l'auteur est basé sur des phénomènes qu'il propose

de nommer *quasi-linéaires*, c'est-à-dire sur le fonctionnement de systèmes dont les paramètres varient sous l'action des forces appliquées à ces systèmes. Les équations par lesquelles peuvent être représentés les phénomènes quasi-linéaires ont l'aspect d'équations linéaires, avec cette différence, toutefois, qu'au moins un des coefficients d'une dérivée de la fonction inconnue (ou de la fonction inconnue elle-même) *est une fonction du deuxième membre*.

La forme générale de ces équations est

$$\frac{d^n\theta}{dt^n}+\ldots+\varphi[F(t)]\frac{d^k\theta}{dt^k}+\ldots=F(t). \tag{1}$$

Tant que le deuxième membre ne varie pas, l'équation (1) est une équation linéaire; dès que $F(t)$ est remplacé par une autre fonction de t, par exemple par la fonction $\Phi(t)$, l'équation (1) se transforme en une autre équation, dans laquelle le coefficient de la dérivée $d^k\theta/dt^k$ aura la forme

$$\varphi[\Phi(t)].$$

Il est évident que les phénomènes régis par les équations quasi-linéaires ne vérifient pas le principe de la superposition des petits mouvements.

OPTIQUE. — *Influence de la grosseur des particules colloïdales sur leur anisotropie optique.* Note [1] de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. Aimé Cotton.

De la théorie de Mie on déduit que la courbe d'absorption *vraie* d'un système dispersé doit se déplacer, mais très peu, vers les grandes longueurs d'onde à mesure que le volume V des particules croît. Cette déduction n'a guère été prise en considération jusqu'ici et aucune vérification quantitative n'en a été faite [2]. Étant donné l'interdépendance théorique de l'absorption et de la dispersion, on peut se demander si l'on a le droit d'introduire dans les calculs, comme on le fait d'habitude, un indice de réfraction n constant. Puisque le déplacement corrélatif de la courbe de dispersion ne pourrait être que très petit, il n'influencerait pas les résultats

---

(1) Séance du 15 novembre 1937.

(2) Les résultats de W. Steubing (*Ann. der Physik*, 26, 1908, p. 329) se prêteraient à cet essai de vérification.

calculés dans le cas d'une dispersion normale, mais il pourrait le faire dans le cas d'une dispersion anormale. En fait on trouve une concordance parfaite entre les courbes d'absorption théorique et expérimentale dans le cas des sols d'or, mais il y a tout au plus une concordance approchée pour les sols d'autres corps métalliques ou colorés ([3]). Or l'or est, avec le cuivre, le seul métal qui dans une grande partie du spectre visible a une dispersion normale.

Dans une étude préliminaire nous avons abordé cette question en examinant la dispersion de la biréfringence des systèmes dispersés à particules anisotropes. On ne peut étendre à ce cas les résultats quantitatifs de la théorie de Mie, qui considère des particules isotropes, mais s'il y a un déplacement de la courbe des indices n d'un corps isotrope on devrait s'attendre à retrouver un déplacement pour les courbes donnant n_e et n_0 pour un corps anisotrope.

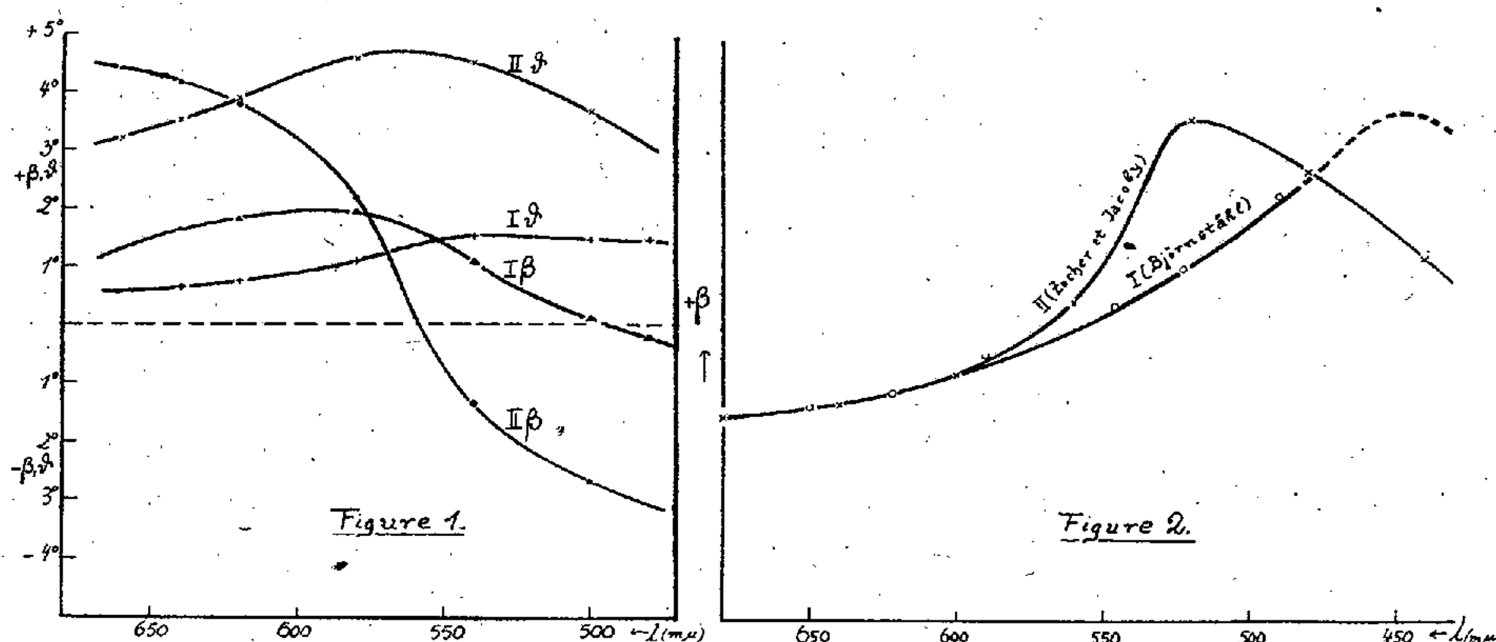
Les mesures communiquées ici sont relatives à un système dispersé de $\alpha - Fe^2O^3$ obtenu à partir d'un minerai pur d'oligiste réduit en poudre colloïdale. (On a étudié encore $\alpha - FeOOH$, $\beta - FeOOH$ et Fe^3O^4.) Les particules ont été orientées par un champ magnétique (2150 gauss). La figure 1 se rapporte à un sol abandonné préalablement pendant 100 heures à la sédimentation. Elle permet de voir comment varient les différences de phase β (biréfringences) et les rotations du plan de polariseur ϑ (dichroïsmes) quand on passe d'une prise d'essai prise dans la couche supérieure (I) à une autre (II) prise dans une couche inférieure renfermant des particules plus grosses [températures 20°,05 (I), 20°,13 (II)]. On voit qu'il y a *un déplacement spectral des deux effets optiques vers les grandes longueurs d'onde à mesure que V augmente.*

Cela ne peut pas provenir d'un changement de l'orientation des particules, car on ne constate pas un tel changement pour $\alpha - Fe^2O^3$. D'autre part on ne s'expliquerait pas que la longueur d'onde pour laquelle β change de signe varie avec le sens de l'orientation des particules. On ne peut songer à expliquer les faits constatés par une intervention du dityndallisme et de la biréfringence de la forme des particules, qui d'ailleurs avaient plutôt une forme irrégulière, car la règle de Zocher est valable dans les deux cas.

Le déplacement observé paraît donc venir à l'appui de l'hypothèse faite au début, mais il est plus grand qu'on ne pouvait le prévoir. Pour voir s'il est bien dû à la cause supposée, il sera utile de chercher expérimentalement

([3]) Voir surtout Nils E. Pihlblad, *Dissertation Uppsala*, 1918.

comment n varie en fonction de V dans les sols de Ag ([4]) qui présentent une dispersion anormale de n en fonction de λ et dans lesquelles on peut modifier facilement et d'une façon définie la grosseur des grains. Cela permettra de dire si l'hypothèse est exacte ou bien s'il s'agit d'un effet propre aux seules particules anisotropes.



Quoi qu'il en soit, l'effet décrit paraît pouvoir expliquer certaines divergences entre les résultats obtenus par divers auteurs sur l'anisotropie optique des systèmes dispersés. On voit par exemple dans la figure 2 d'une part une courbe (I) représentant la dispersion de la biréfringence du sol de V^2O^5 telle qu'elle a été trouvée par Yngve Björnståhl ([5]), orientation magnétique, et d'autre part en (II) celle trouvée par H. Zocher et F. C. Jacoby ([6]), orientation hydrodynamique. β dans la courbe (I) n'atteindrait certainement son maximum qu'entre $440^{m\mu}$ et $470^{m\mu}$, la courbe (II) est donc fortement déplacée vers le rouge. Certaines raisons paraissent justifier la supposition que le sol qui donnait la courbe (II) contenait des particules plus grosses. Rappelons encore combien peut varier (quantitativement et qualitativement) l'effet Weigert en fonction de la préparation et du traitement des émulsions des photohaloïdes.

Il est évident qu'on peut utiliser l'effet décrit pour déterminer la grosseur des particules colloïdales. Quelques résultats obtenus dans cette direction figureront dans une publication plus étendue.

([4]) L'étude faite par C. Jausseran (*Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1646) ne peut pas répondre à cette question.

([5]) *Dissertation*, Uppsala, 1924.

([6]) *Koll. Beih.*, **24**, 1927, p. 365.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur les systèmes orthogonaux de l'optique électronique et leur application à la spectroscopie.* Note de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un système est orthogonal, si un plan contenant la trajectoire moyenne est plan de symétrie pour le potentiel scalaire et le potentiel vecteur. Nous renvoyons pour le choix des coordonnées et les notations non précisées ici à une Note antérieure (¹).

1° Des trajectoires issues d'un point forment en général un pinceau astigmatique. Il n'y a d'exception que pour des systèmes particuliers (systèmes gaussiques) pour lesquels

$$q(z)=\frac{\mu e}{n_0}\frac{\partial E_y}{\partial y}+\frac{e}{c}\frac{\partial H_y}{\partial x}, \tag{1}$$

ou pour des points particuliers (points stigmatiques). Parmi les dispositifs étudiés par Henneberg (²) existent des systèmes gaussiques.

2° Les équations que nous avons données précédemment (¹) peuvent encore s'appliquer, en considérant des *couches de passage* au cas où les champs présentent des discontinuités. On peut ainsi étudier les dispositifs décrits par Herzog (³).

Les paramètres de décalage et d'inclinaison des trajectoires dans l'espace objet à l'entrée du champ, x_a, y_a, x'_a, y'_a, sont liés aux mêmes paramètres dans l'espace image à la sortie du champ x_b, y_b, x'_b, y'_b par des équations que l'on peut écrire au moyen de matrices (⁴) :

$$\begin{vmatrix} x_b \\ x'_b \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \frac{\operatorname{tang}\varepsilon''}{a} & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \cos\Phi & a\sin\Phi \\ -\frac{1}{a}\sin\Phi & \cos\Phi \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \frac{\operatorname{tang}\varepsilon'}{a} & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} x_a \\ x'_a \end{vmatrix}; \tag{2}$$

$$\begin{vmatrix} y_b \\ y'_b \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{\operatorname{tang}\varepsilon''}{a} & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & a\Phi \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{\operatorname{tang}\varepsilon'}{a} & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_a \\ y'_a \end{vmatrix}. \tag{3}$$

Dans ces deux formules Φ, a, ε', ε'' sont des notations de Herzog.

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 129.

(²) *Annalen der Physik*, 20, 1934, p. 8.

(³) *Zeitschrift fur Physik*, 89, 1934, p. 447.

(⁴) Sur la représentation des systèmes optiques par des matrices, cf. Herzberger, *Strahlenoptik*, Berlin, 1931.

Les points stigmatiques sont donnés par une équation du second degré. Certains systèmes de Herzog ont des points stigmatiques accessibles aussi bien dans l'espace objet que dans l'espace image, et présentent ainsi de l'intérêt pour l'étude spectrale *des différents points* d'une source.

3° Nous avons précédemment donné (1) une formule pour la dispersion. Le spectre qui se forme au voisinage du point $z = \zeta$ doit être recueilli sur une plaque normale au plan de symétrie, et inclinée d'un angle ψ sur la trajectoire moyenne.

Représentons le potentiel électrique par une expression de la forme

$$(4)\qquad V(x, y, z) = V_0 + b_1 x + b_{11}\frac{x^2}{2} + b_{22}\frac{y^2}{2} + b_{122}\frac{xy^2}{2}.$$

Représentons à l'approximation de Gauss les trajectoires d'énergie (ou de masse) moyenne par

$$(5)\qquad x(z) = x_1 u(z) + x_2 v(z) \quad \text{avec} \quad u(b) = 0, \quad v(a) = v(\zeta) = 0.$$

Imaginons une source placée au point $x = 0$, $y = 0$, $z = a$, et un diaphragme dont le centre est au point $x = 0$, $y = 0$, $z = f$. Posons

$$(6)\qquad K = [n_0(vu' - uv')]_a = [n_0(vu' - uv')]_b;$$

$$(7)\qquad \alpha(z) = \frac{\partial n_0}{\partial \lambda}, \qquad \beta(z) = \frac{\partial p}{\partial \lambda}, \qquad \gamma(z) = \frac{\partial q}{\partial \lambda};$$

$$(8)\qquad \varphi_1(z) = \frac{-1}{K}\int_a^z \beta v\, dz, \qquad \varphi_2(z) = \frac{1}{K}\int_b^z \beta u\, dz;$$

$$(9)\qquad \Lambda = -\frac{\varphi_1(f)\,u(f) + \varphi_2(f)\,v(f)}{v(f)};$$

$$(10)\qquad A(z) = -\theta n_0 + b_1\frac{\mu e}{n_0};$$

$$(11)\qquad B(z) = \frac{e}{c}\left(\frac{\partial^2 H_y}{\partial x^2} - 2\theta\frac{\partial H_y}{\partial x}\right) - \frac{\mu e}{n_0}(3\theta b_{11} - b_{111}) - \frac{3\mu^2 e^2}{n_0^3}(\theta b_1^2 - b_1 b_{11}) + \frac{3\mu^3 e^3}{n_0^5} b_1^3;$$

(le champ magnétique et ses dérivées étant pris sur la trajectoire moyenne);

$$(12)\qquad \Omega = \frac{1}{K}\int_a^\zeta (\alpha v'^2 + \gamma v^2)\, dz - \frac{1}{K}\int_a^\zeta \varphi_1[A(uv'^2 + 2u'vv') + Buv^2]\, dz - \frac{1}{K}\int_a^\zeta (\varphi_2 + \Lambda)(3Avv'^2 + Bv^3)\, dz.$$

Alors

$$\text{(13)} \qquad \operatorname{tang}\psi = -\frac{\varphi_1(\zeta)\,\nu'(\zeta)}{\Omega},$$

ψ dépend de la position du diaphragme à cause de A.

4° Les deux dernières intégrales qui figurent dans Ω contiennent des termes apparentés aux aberrations du second ordre d'un pinceau monocinétique; nous avons calculé et discuté ces aberrations, et nous publierons ces résultats prochainement. Outre A et B, trois autres coefficients interviennent dans ce calcul, lorsqu'on se préoccupe des trajectoires situées hors du plan de symétrie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les bandes d'absorption* (CH) *des carbures saturés et éthyléniques entre* 6000 *et* 9500 Å. Note de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié les troisième, quatrième et cinquième harmoniques de la bande fondamentale caractéristique du vibrateur (CH) située vers $3^{\mu},4$ pour les carbures saturés.

I. *Bandes* (CH) *des carbures saturés.* — Pour chaque harmonique étudié la bande (CH) apparaît double. Si nous désignons par (CI) la composante située vers les courtes longueurs d'onde et par (CII) l'autre composante, on constate les faits suivants :

Les composantes (CI) et (CII) pour les carbures saturés à chaîne normale se déplacent régulièrement vers les grandes longueurs d'onde quand on monte dans la série homologue de 4 à 5 Å environ, de plus l'intensité de la composante (CI) est constante tandis que l'intensité de la composante CII croît régulièrement, quand la longueur de la chaîne carbonée augmente.

Il semble donc que la composante (CI) soit attribuable aux groupements (CH^3) et l'autre aux groupements (CH^2) que contient la molécule [1].

Pour les carbures saturés à chaîne ramifiée, aucune règle précise ne peut être énoncée pour préciser la position des deux composantes, mais en ce qui concerne les intensités, on trouve que la composante (CI) est d'autant plus intense que la chaîne carbonée est plus ramifiée; la composante (CII)

(1) Brackett, *Proc. Nat. Ac. Sc. U.S.A.*, 14, 1928, p. 857.

disparaît complètement si la molécule ne renferme plus de groupements (CH^2).

Classification des bandes (CH) *de l'hexane.* — Les fréquences ν_n des différents harmoniques sont données par la formule de Kratzer; dans les deux tableaux suivants nous donnons les fréquences et les longueurs d'onde observées et calculées pour les six premiers harmoniques de l'hexane.

TABLEAU I. — *Composante* C I.

Ordre de l'harmonique.	ν_n. Obs. (cm^{-1}).	ν_n. Calc. (cm^{-1}).	λ_n. Obs. (μ).	λ_n. Calc. (μ).
0	2.941	2.948	3,39	3,40
1	5.748	5.773	1,74	1,732
2	8.365	8.354	1,195	1,197
3	10.918	10.914	0,9159	0,9162
4	13.374	13.369	0,7476	0,7480
5	15.713	15.705	0,6364	0,6367
6	17.921	17.946	0,558	0,5572

[avec $\nu_n = 3004 n (1 - 0,0186\, n)$].

TABLEAU II. — *Composante* C II.

Ordre de l'harmonique.	ν_n. Obs. (cm^{-1}).	ν_n. Calc. (cm^{-1}).	λ_n. Obs. (μ).	λ_n. Calc. (μ).
0	2.873	2.873	3,48	3,48
1	5.681	5.633	1,76	1,776
2	8.258	8.251	1,211	1,211
3	10.750	10.754	0,9300	0,9293
4	13.154	13.143	0,7602	0,7608
5	15.400	15.400	0,6493	0,6493

[avec $\nu_n = 2937\, n (1 - 0,0210\, n)$].

II. BANDES (CH) DES CARBURES ÉTHYLÉNIQUES. — *a. Carbures éthyléniques* (1-2). — Pour chaque harmonique, on observe cinq bandes au lieu de deux; on observe, en effet, deux bandes correspondant aux composantes (CI) et (CII) des carbures saturés, deux autres bandes semblent être attribuables au groupement ($CH^2=$) perturbé par la double liaison voisine, et une au groupement (CH=).

λ en Å des bandes du troisième harmonique.

(CH^2).	(CH^3).	($CH^2=$).	(CH=).	($CH^2=$).	(C=C).
9350	9200	8930	8830	8770	9700

Au point de vue des intensités, la bande (CH^3) a une intensité constante, tandis que la bande (CH^2) croît régulièrement quand on monte dans la série homologue des carbures éthyléniques à chaîne droite. Pour les carbures ramifiés la bande (CH^3) est de beaucoup la plus intense.

b. Carbures éthyléniques dont la double liaison n'est pas en bout de chaîne. — Les deux bandes ($CH^2 =$) des carbures éthyléniques (1 — 2) ont disparu, on n'observe donc que trois bandes (CH^2), (CH^3) et ($CH =$) pour chaque harmonique. La bande ($C = C$) vers 9700 Å reste visible pour tous les carbures éthyléniques.

Il est donc possible de distinguer un carbure saturé d'un carbure éthylénique et de connaître approximativement la longueur de la chaîne carbonée et son degré de ramification par l'étude des intensités des deux composantes (CI) et (CII).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles observations sur le dégagement d'oxyde azotique par divers produits nitrés à basse température.* Note de M. **Maurice Lambrey**, présentée par M. Charles Fabry.

L'auteur de cette Note a déjà publié ([1]) le principe d'une méthode de dosage de quantités très faibles de gaz oxyde azotique et les résultats de son application à l'étude de la décomposition de divers produits nitrés (en particulier cotons-poudres) à des températures relativement basses.

Ses observations se sont poursuivies de 1935 à 1937 et le champ d'investigation a été étendu au double point de vue du choix des températures et de la nature des produits. Elles permettent d'apporter une retouche sérieuse aux conclusions énoncées en 1935.

L'auteur avait alors indiqué, pour les cotons-poudres, à 43°C., une vitesse de décomposition réelle faisant apparaître environ 0,65 microgramme de NO par jour et par kilogramme de substance. Cette conclusion était essentiellement fondée sur le fait que divers échantillons, les uns stabilisés par la méthode classique, les autres par une méthode due à Muraour, certains ayant subi l'action prolongée du vide à la température 50°C., et d'autres non, sont caractérisés, au début de leur étude par des vitesses de dégagement très différentes et, par contre, au bout d'un certain temps par des vitesses de dégagement du même ordre.

([1]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 725; *Mémorial des Poudres*, 26, 1935, p. 101-118.

Les observations faites de 1935 à 1937 sur les mêmes échantillons ont permis de constater une nouvelle diminution sensible de la vitesse de dégagement. Ce dernier ne paraît donc pas imputable au coton-poudre lui-même.

La vitesse de décomposition réelle est certainement au plus égale au quart de celle indiquée en 1935.

D'autre part, des essais à 50°C. et à 77°,5C. apportent des éléments d'appréciation nouveaux. Un fait tout à fait remarquable est que l'on n'observe pas, à ces températures, des vitesses de dégagement aussi grandes que celles auxquelles on pourrait s'attendre. En désignant par 1 la valeur de cette vitesse à $t = 43$°C., on trouve, pour $t = 50$°C., $v = 4$, et pour $t = 77{,}5$°C., $v = 1200$.

Pour interpréter ces résultats, deux hypothèses sont possibles : ou bien la réaction qui donne lieu au dégagement de NO ne reste pas la même aux diverses températures, ou bien *ce que l'on mesure en dessous de* 50°C. *n'est jamais qu'une vitesse de décomposition apparente, la destruction réelle du coton-poudre n'étant décelable qu'au-dessus.*

La première hypothèse ne paraît pas très vraisemblable. Il est plus naturel d'admettre la seconde. Celle-ci se trouve d'ailleurs étayée par des observations faites sur la tétranitropentaérythrite.

Il est probable que, pour ce composé cristallisé, la teneur en impureté est moindre et l'adsorption des gaz moins énergique pour les cotons-poudres.

Or nous trouvons pour ce produit une vitesse de dégagement non mesurable en dessous de 43° C., de l'ordre du quart de celle des cotons-poudres à 50° C,, et sensiblement égale à cette dernière à 77°,5 C.

Des essais nombreux à température comprise entre 50 et 100° C. apporteraient des résultats très intéressants et permettraient d'interpréter en toute sûreté les résultats des observations faites entre 30 et 50° C.

Nous avons également étudié des poudres à la nitrocellulose stabilisée par la diphénylamine. Aucun dégagement n'a pu être observé au-dessous de 50° C. ([2]). A cette température, la vitesse de décomposition apparente est cinq à dix fois plus faible que celle des cotons-poudres. A 77°,5 C., elle est de l'ordre du tiers de celle-ci.

([2]) Sauf pour un produit de fabrication ancienne (1913) en morceaux épais, pour lequel il y a eu dégagement notable à 43° C,

PHYSICOCHIMIE. — *Recherches dilatométriques sur la trempe et le recuit du verre d'anhydride borique.* Note de M. **Édouard Rencker**, présentée par M. Charles Fabry.

Les expériences dont nous publions ici les résultats font partie d'un ensemble de recherches relatives à la trempe des verres. A la suite des intéressantes mesures optiques de Mme Winter-Klein (1) sur la trempe des verres d'optique, j'ai pensé qu'une méthode de dilatométrie cubique pourrait apporter des résultats nouveaux. L'anhydride borique est un cas particulièrement intéressant à étudier puisque, dans un composé défini, les résultats sont plus aisément interprétables. De plus, avec ce verre dont on n'a jamais observé la dévitrification, on ne risque pas de rencontrer des anomalies dues à la cristallisation. Enfin des expériences précises sont plus facilement réalisables pour l'anhydride borique que pour des verres industriels, car le ramollissement se produit à une température plus basse.

J'ai utilisé la méthode du dilatomètre à tige, car les méthodes de dilatométrie linéaire ne peuvent rendre compte de phénomènes qui se produisent lorsque le verre a perdu sa rigidité. Les dilatomètres sont constitués de deux parties, un réservoir et une tige capillaire en cristal réunis par un rodage qui permet l'introduction de petits morceaux d'anhydrique borique (dimension maxima : 3mm). Ils sont ensuite remplis sous vide de mercure distillé. Ces appareils remplis simplement de mercure ne donnent pas d'anomalie dans la zone de température étudiée, même après avoir été maintenus plusieurs jours à diverses températures. Les thermostats dont on parlera par la suite sont des fours électriques munis de régulateurs à mercure où la température reste constante à 2 degrés près.

Après avoir introduit dans le dilatomètre à tige de l'anhydride borique refroidi brusquement à partir du rouge, l'appareil est porté dans un thermostat à la température t inférieure à 260°. Après égalisation de la température, le volume diminue pendant un temps plus ou moins long selon la température t choisie, il tend asymptotiquement en fonction du temps vers une valeur que nous appellerons volume du verre recuit à la température t. Vers 250°, la durée du phénomène ne dépasse pas une journée; à 220°, elle atteint déjà plusieurs jours. A 150°, le volume diminue de façon visible pendant les quinze premiers jours; ensuite la variation devient extrême-

(1) Niuta Klein, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1320 et 1848; 201, 1935, p. 339.

ment lente bien qu'on soit très loin encore du volume stable à cette température. A la température ordinaire, il n'y a pas de variation mesurable par cette méthode après un mois.

Lorsqu'on porte ensuite le dilatomètre contenant le verre recuit à la température t dans un thermostat à la température t', le volume évolue pendant un certain temps, lorsque la température s'est égalisée, avant de devenir stationnaire. Si t' est supérieure à t, le volume va augmenter pendant la période d'évolution, il diminuera dans le cas contraire. De toutes façons, on arrive finalement à chaque température à un volume fixe indépendant des états antérieurs. On ne change rien au phénomène en refroidissant brusquement jusqu'à la température ordinaire le verre recuit à la température t avant de le porter dans le thermostat à la température t'.

Le précédent phénomène n'existe que dans un intervalle de température limité. Au-dessus de 260°, je n'ai pas pu observer de variation de volume à température constante, peut-être en raison de la rapidité du phénomène. D'autre part, lorsque les températures considérées t et t' sont toutes deux inférieures à 207°, la période d'évolution disparaît lorsqu'on passe de t à t'. L'anhydride borique recuit à une température inférieure à 207° est donc recuit à toute température inférieure d'après le sens donné précédemment à ce terme.

En résumé, entre 207 et 260°, le volume du verre d'anhydride borique présente le phénomène d'hystérésis : la dilatation ou la contraction consécutives à un changement de température ne se fait pas complètement immédiatement. Le temps nécessaire pour atteindre un volume stationnaire à température constante augmente quand la température diminue. Au-dessous de 207°, le phénomène d'hystérésis ne peut se présenter que sous la forme d'un retard à la contraction qui ne se produit que pour un verre recuit au-dessus de 207°. La vitesse d'évolution du verre diminue très rapidement avec la température.

Il faut noter par ailleurs que la température de 207° qui semble jouer ici un rôle primordial coïncide sensiblement avec celle (209°) à laquelle j'ai pu observer antérieurement ([2]) pour l'anhydride borique un début de ramollissement.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 57.

COLLOÏDES. — *Formation des colloïdes par l'hydrogène*. Note de MM. C. Zenghelis et El. Stathis, présentée par M. Auguste Behal.

On peut réduire plus ou moins facilement les métaux précieux tels que l'argent, l'or, le platine, le palladium en réduisant leurs chlorures par l'hydrogène à l'état naissant. On obtient ainsi des précipités. On ne les obtient pas de cette façon à l'état colloïdal. Nous avons constaté encore une fois ce fait en les réduisant à différentes températures, soit dans une solution acide, par le zinc et l'acide chlorhydrique, soit dans une solution alcaline, par l'alumimium et la potasse caustique.

Cependant, en ajoutant un peu de gomme dans les solutions diluées de leurs chlorures, nous les avons obtenus très facilement à l'état colloïdal, en les réduisant par l'hydrogène à l'état naissant, produit par l'aluminium et la potasse caustique.

Les métaux sur lesquels nous avons expérimenté sont l'argent, l'or, le platine et le palladium.

Nous avons travaillé à la température ordinaire et à 60° avec des solutions de différentes concentrations. Nous avons obtenu par ce procédé des colloïdes absolument purs, si on ne tient pas compte de la gomme ajoutée, et très stables conservés à l'état colloïdal jusqu'à ce jour, voici déjà quatre mois. Ils présentent tous le phénomène de Tyndall et le mouvement brownien sous l'ultramicroscope. Ils ont une charge d'électricité négative, ils ne se coagulent pas par l'addition de volume égal d'une solution normale d'acide hydrochlorique ou même de nitrate de baryum, 1/2 N, excepté les solutions d'argent pas très diluées. La solution d'or ne se coagule pas même si l'on chauffe à 100° jusqu'à ce que sa solution se réduise au cinquième de son volume initial. Ils catalysent le bioxyde d'hydrogène (à 12 volumes), le platine très vivement, le palladium et l'argent moins, et l'or à peine et pas du tout dans les solutions très diluées.

Nous résumons ci-dessous nos expériences et les résultats obtenus pour chaque métal. Le produit était purifié par dialyse jusqu'à la disparition totale de l'aluminium.

Argent. — Solutions utilisées: $AgNO^3$, 1 pour 100; gomme, 10 pour 100; NH^4OH, 6 pour 100; NaOH N, 1^{cm^3}; $AgNO^3$, 0,5; NH^4OH, 5^{cm^3}; 10^{cm^3} gomme dans 200^{cm^3} eau. Dans 30 minutes sol. colloïdale rouge clair. Dans la solution dix fois plus concentrée la réduction se fait en 10 minutes. Solution brun-noire bientôt noire.

Or. — Sol. $AuCl^3$, 0,5 pour 100. Avec 1^{cm^3}, la solution se colore lentement en rose. En prenant 5^{cm^3}, elle se colore aussitôt en rose et devient peu à peu pourpre.

Platine. — $PtCl^4$, 1 pour 100, 5^{cm^3} $PtCl^4$ et 5^{cm^3} gomme et 5^{cm^3} NaOH. A froid aucune réaction. On chauffe à 60°. La réaction se fait graduellement, elle s'achève instantanément dans une solution concentrée (20^{cm^3} et plus). Solution noire.

Palladium. — $PdCl^2$. Elle se comporte comme le platine.

Rhodium (*chlorure*). — Il ne se réduit pas même à chaud.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude comparée des pressions de dissociation des hydrures et deutériures de sodium et potassium.* Note de M. **André Borocco**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai récemment obtenu, en collaboration avec M. L. Hackspill (¹), les deutériures alcalins DNa, DK, DRb, DCs.

Il était intéressant de comparer les tensions de dissociation de ces nouveaux composés avec celles fournies à la même température par les hydrures.

C'est ce qui a été fait par méthode différentielle pour les deutériures de sodium et de potassium.

L'appareil servant aux mesures se composait d'un bloc en aluminium d'une vingtaine de centimètres de diamètre, chauffé électriquement et très bien calorifugé. Au moyen d'un régulateur de température à mercure, on obtenait aisément une constance d'un demi-degré. Dans le bloc, deux trous étaient percés dans lesquels on introduisait les tubes de verre contenant les hydrures et deutériures n'ayant jamais subi le contact de l'air. Les tubes étaient reliés chacun à une branche d'un tube en U formant manomètre à mercure. L'appareil était à la température ordinaire, le vide était fait simultanément dans les deux branches du tube en U, ce qui donnait le zéro. Les différences de niveaux étaient ensuite mesurées à diverses températures au moyen d'un cathétomètre.

Pour ces mesures différentielles, la température était élevée très lentement, et les lectures faites après des attentes de 7 à 8 minutes. Ces mesures présentaient ainsi l'avantage d'être obtenues avec des hydrures et

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1475.

deutériures traités côte à côte exactement dans les mêmes conditions de chauffage.

Pour des limites de température comprises entre 250 et 350°, on a ainsi trouvé, en millimètres de mercure,

Températures.	Différences lues pour DNa.	Différences lues pour DK.	Températures.	Différences lues pour DNa.	Différences lues pour DK.
260°	0,1	0,1	310°	7,7	10,6
270	0,5	1,0	320	10,8	15,8
280	1,9	2,1	330	19,0	24,4
290	3,3	3,9	340	28,3	35,1
300	4,1	6,5	350	42,8	48,4

Se référant aux valeurs données par Keyes ([2]), Ephraïm et Michel ([3]) pour les tensions des hydrures correspondants, on trouve pour la tension des deutériures

Températures.	Tensions. DNa.	Tensions. DK.	Températures.	Tensions. DNa.	Tensions. DK.
260°	1,1	1,2	310°	20,1	21,8
270	2,2	3,1	320	29,6	33,1
280	5,7	5,3	330	47,3	50,9
290	8,5	8,7	340	70,2	74,7
300	12,0	13,8	350	104,3	107,2

Ces valeurs trouvées viennent du reste d'être confirmées en ce qui concerne le deutériure de potassium par un travail de Edith Ford Sollers et J. L. Crenshaw ([4]). Ces auteurs, poursuivant des travaux parallèles aux nôtres, arrivent, aux erreurs d'expériences près, par une méthode quelque peu différente, aux mêmes valeurs pour les tensions du deutériure de potassium. Pour le deutériure de sodium, nos résultats sont les premiers publiés.

Dans ce travail, il a été très difficile de dépasser des températures supérieures à 350-360°. En effet, à 370°, avec de l'hydrure de potassium et du deutériure de potassium, nous avons vu les tensions dans les deux branches du tube en U augmenter, lentement il est vrai, mais durant plusieurs jours, jusqu'à décomposition totale de l'hydrure et du deutériure, sans jamais pouvoir atteindre d'équilibre.

([2]) *Journal of the American Chemical Society*, 34, 1912, p. 779.
([3]) *Helvetica Chemica Acta*, 4, 1921, p. 762.
([4]) *Journal of the American Chemical Society*, 59, 1937, p. 2015.

En résumé, les deutériures de sodium et de potassium ont des tensions de dissociation plus élevées que les hydrures correspondants. Ces tensions sont facilement mesurables jusqu'aux environs de 350°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Corrosion du zinc dans l'eau distillée seule ou en présence d'une atmosphère gazeuse*. Note de MM. **Martial-Félix Taboury** et **Élie Gray**, présentée par M. Marcel Délépine.

L'action corrosive de l'eau distillée sur le zinc en lames a donné lieu à un certain nombre de travaux; les résultats indiqués sont très divers.

Nous nous sommes proposé :

1° d'étudier l'action de l'eau distillée bouillie sur des lames de zinc en l'absence d'atmosphère gazeuse;

2° de reprendre l'étude de la corrosion du zinc en lames dans l'eau distillée en présence d'air;

3° d'étudier le phénomène avec passage dans l'eau distillée de courants gazeux de différentes teneurs en CO^2, ce gaz ayant une action prépondérante sur le mode de corrosion.

Parmi les impuretés contenues dans les lames de zinc utilisées et qui s'y trouvent à l'état de trace, on peut citer notamment : Pb 0,005 pour 100, Fe 0,001 pour 100, et pas de cadmium.

Les lames mises en expérience sont toujours préalablement décapées à l'aide de sable fin, puis de ponce en poudre et lavées rapidement à l'eau distillée.

I. *Corrosion en l'absence d'atmosphère gazeuze.* — En plaçant, à une température comprise entre 15 et 25°, une lame de zinc dans un tube rempli d'eau distillée bouillie et retourné sur la cuve à mercure (la lame n'étant pas en contact avec le mercure), nous avons constaté le dégagement lent et régulier, à la surface de la lame, de petites bulles de gaz se rassemblant à la partie supérieure du tube. Ce gaz était constitué par de l'hydrogène pur résultant de la réduction de l'eau par la lame. Il se faisait en même temps de l'hydroxyde de zinc.

II. *Corrosion des lames de zinc en présence d'air.* — Pour chaque essai on place dans un bécher une lame debout et l'on ajoute de l'eau distillée de façon à recouvrir les 3/4 environ de sa surface.

Après quelques heures d'immersion, des boursouflures à aspect gélatineux apparaissent en certains points de la surface de la lame, l'attaque se

généralise et la substance ainsi formée tombe en partie, au fur et à mesure de sa formation, au fond du bécher.

L'oxydation se poursuivant, la lame se perfore en de multiples points et le phénomène ne s'arrête qu'après oxydation pour ainsi dire totale de la partie immergée.

Le produit de la corrosion, une fois séché, constitue une poudre blanche, très peu soluble dans l'eau en présence d'air, mais sa solubilité est fonction croissante de la quantité d'acide carbonique présent dans le liquide.

L'analyse de cette substance *recueillie depuis peu de temps*, effectuée par décomposition au rouge dans un courant d'air sec et décarbonaté donne : CO^2, 13,7 pour 100; ZnO, 73,6 pour 100; H^2O, 13,3 pour 100; $CO^2/ZnO = 0,18$ valeurs correspondant approximativement à la formule de l'hydrozincite $CO^2.3ZnO.2H^2O$.

Celle du produit *recueilli depuis plus de trois mois* nous a fourni les résultats suivants : CO^2, 10,3 pour 100; ZnO, 74,5 pour 100; H^2O, 14,2 pour 100; $CO^2/ZnO = 0,14$, lui attribuant une composition très voisine de $CO^2.4ZnO.3H^2O$.

Le produit de la corrosion perd donc peu à peu, à l'air humide, une partie de son anhydride carbonique en fixant de l'eau et se transforme en un carbonate plus basique et plus hydraté qui semble être la forme stable à l'air.

III. *Corrosion en présence d'atmosphères à concentrations plus fortes en gaz carbonique.* — Si, dans l'eau distillée dans laquelle plonge une lame de zinc, vient barboter un courant d'air dont on a porté la teneur en CO^2 à 2/1000e environ, *la corrosion de la lame n'est plus apparente*, le produit résultant de l'attaque reste à la surface de la lame et y forme une *couche protectrice* qui empêche la corrosion de se produire.

Pour des teneurs plus fortes en CO^2 de l'atmosphère en contact avec le liquide, et en particulier pour un courant de CO^2 pur, la lame au début de l'immersion garde son éclat métallique et son poids diminue, le produit de la corrosion se dissolvant au fur et à mesure de sa formation. Lorsque la saturation du liquide est atteinte le poids de la lame croît par suite du dépôt à sa surface d'une couche protectrice, puis la corrosion s'arrête et le poids de la lame reste constant.

De ces constatations, on peut conclure : 1° qu'il y a réduction de l'eau pure par le zinc en lames à la température ordinaire avec dégagement d'hydrogène; 2° que la présence d'oxygène libre et de CO^2 ne semble pas indispensable à cette attaque; 3° que le gaz carbonique joue un rôle accé-

lérateur du phénomène; 4° *que l'aspect de l'attaque est différent suivant la pression partielle de* CO^2 *dans l'atmosphère en contact avec le liquide : pour des concentrations très faibles* (4/10000), *voisines de celle de l'air, la corrosion est apparente et se poursuit, alors que pour des concentrations plus élevées* (2/1000) *la corrosion n'est plus apparente et provoque la formation d'une couche superficielle protectrice qui arrête l'attaque.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les conditions exactes de la formation du composé entre l'acide tungstique et l'o-oxyquinoléine.* Note de M. **Siegfried Halberstadt**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai étudié [1] l'application de l'*o*-oxyquinoléine à la détermination quantitative du tungstène [Jílek et Rýsánek [2] emploient l'*o*-oxyquinoléine pour la séparation du W et du Sn^{IV}, sans s'occuper de la composition du dépôt]; j'ai constaté la formation d'un composé $WO^2(C^{10}H^6ON)^2$ dans un milieu faiblement acide.

L'étude de cette réaction a été reprise pour déterminer les conditions exactes dans lesquelles elle a lieu.

Des solutions tamponnées d'un pH connu et additionnées d'une quantité toujours égale de tungstate de sodium ont été précipitées par une solution alcoolique (à 4 pour 100) d'oxyquinoléine. Le dépôt a été chauffé au bain-marie pendant un quart d'heure, puis filtré sur un creuset en verre d'Iéna 1 G4, lavé à l'eau chaude et séché.

pH initial de la solution.	WO^3 prés.	WO^3 préc.	$\frac{WO^3 \text{ préc.}}{WO^3 \text{ prés.}}$	Addition.
	mg	mg	%	
4,0	186	172	92,5	PO^{4---}
3,5	186	185	99,6	PO^{4---}
3,5	186	186	100	PO^{4---}
3,5	186	186	100	BO^{3---}
3,3	186	186	100	CH^3CO^{2-}
3,3	186	181	97,3	BO^{3---}
3,0	186	181,5	97,3	PO^{4---}
2,5	186	152	84	BO^{3---}

Il résulte du tableau précédent que la précipitation est complète seu-

---

[1] *Zeitschr. f. analyt. Chemie*, 92, 1933, p. 86.

[2] *Collect. Trav. chim. Tchécoslovaquie*, 5, 1933, p. 136; 8, 1936, p. 246.

lement dans un intervalle pH relativement restreint, ce qui est contraire aux constatations que H. R. Fleck et A. M. Ward [3] ont pu faire pour d'autres composés métalliques contenant de l'oxyquinoléine. Mais on n'a pas besoin d'observer strictement le pH pour les buts de l'analyse quantitative : après que le dépôt s'est formé, on vérifie par addition d'acide acétique dilué ou de solution d'acétate de sodium, s'il ne reste plus de tungstène en solution, comme je l'ai décrit dans ma première publication [1]; une fois formé, le produit de la réaction ne se décompose que par l'action de l'acide sulfurique concentré. On évitera toutefois un pH inférieur à 2, car, dans un milieu très acide, il se forme des dépôts foncés de composition variable.

Ce qui est intéressant à noter, c'est que la formation est complète même en présence de borates et de phosphates, sans qu'il y ait entraînement de ces derniers acides. Ce phénomène a été confirmé par l'étude d'un phosphotungstate du commerce, de composition suivante :

P^2O^5	3,7	pour 100
H^2O	9,4	»
WO^3	86,9	»
	100,0	»

pH initial.	WO^3 prés.	WO^3 précip.	$\frac{WO^3 \text{ précip.}}{WO^3 \text{ prés.}}$
3,2	173	173	100 pour 100
3,5	173	173	100 »
3,8	171,0	168,5	98,5 »

Donc, à un pH de 3,2 à 4,0, l'acide tungstique, même sous forme d'acide phosphotungstique, est précipité quantitativement et sans entraîner l'acide phosphorique.

Cette réaction semble appelée à jouer un certain rôle en chimie biologique, pour l'élimination de l'acide tungstique dans les préparations où l'on se sert de l'acide phosphotungstique. Le procédé classique employé pour éliminer l'excès d'acide phosphotungstique consiste dans l'extraction au moyen d'alcool amylique, en milieu très acide (concentration allant de 2N à 5N). Il va sans dire qu'une telle concentration ne reste pas sans endommager et même détruire les corps biologiques très labiles; de ce fait, le rendement des traitements se trouve être souvent très réduit. Or, le précipité à l'oxyquinoléine se fait à 1 pH de 3 à 4, se dépose vite, se

(3) *Analyst*, 58, 1933, p. 388.

lave sans difficulté et ne présente pas une activité adsorbante. Il sera donc tout indiqué dans les cas où l'oxyquinoléine elle-même ne réagit pas sur les corps biologiques et où l'acide phosphorique qui reste dans la solution ne gêne pas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Phénomènes de chimiluminescence, dans le spectre visible, de molécules à fonction amide.* Note de MM. **Charles Courtot** et **André Bernanose**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les phénomènes de chimiluminescence prennent de jour en jour plus de place dans les préoccupations des chimistes en raison de l'importance qu'ils présentent, spécialement du point de vue énergétique.

D'abord limités à quelques cas, particulièrement brillants et par suite relativement faciles à découvrir, ils sont devenus nombreux et se multiplient rapidement depuis que les chercheurs prennent l'habitude de travailler en cabinet noir.

La première étude systématique a été faite sur les organomagnésiens, elle a été suivie par celle du siloxène, puis par l'examen de nombreuses matières colorantes ([1]) et de composés hydraziniques ([2]).

Ce sont, en général, des réactions d'oxydation qui conduisent aux résultats les plus éclatants. En particulier l'oxydation du *luminol*, hydrazide de l'acide 3-aminophtalique, par un mélange d'eau oxygénée et d'eau de Javel, produit une lumière intense, perceptible à plusieurs mètres, en plein jour, mais dont l'éclat est éclipsé depuis la découverte de la *lucigénine*, sel de diméthylbiacrydilium, qui, oxydé, donne une lumière cent fois plus intense.

La chimiluminescence, lumière de l'avenir, d'après Raphaël Dubois, fait des progrès considérables depuis quelques années.

Les résultats nombreux, connus en chimie organique sont, aux exceptions près mentionnées plus haut, disparates et portent sur des corps à groupements fonctionnels très divers.

L'oxydation est généralement produite par l'eau oxygénée et l'eau de Javel, mais il convient de retenir que ces deux réactifs donnent, en mélange, d'après Mallet ([3]), une luminescence rouge, exaltée, selon Groh ([4]), en faisant passer des vapeurs de brome ou de chlore dans un mélange concentré de soude caustique et d'eau oxygénée, à tel point que la luminescence est visible à la lumière électrique.

Nous avons, d'autre part, observé d'abord que l'eau oxygénée rendue

---

([1]) Voir *Revue générale des Sciences*, 47, 1936, p. 608, et 48, 1937, p. 31 et 144.
([2]) Witte, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, 54, 1935, p. 471.
([3]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 352.
([4]) *Bulletin bimensuel Société chimique*, 13, 1er novembre 1937, p. 12.

fortement acide par ClH ou NO^3H produit avec l'eau de Javel une luminescence rouge, avec dégagement de chlore, et qu'en milieu *fortement alcalin* prend naissance une lueur verdâtre, relativement beaucoup moins intense.

C'est pourquoi il est prudent d'avoir présents à l'esprit ces phénomènes lors de l'examen de production de lumière par certaines molécules, et en conséquence, dans les essais qui suivent, nous avons utilisé l'eau de Javel seule.

Notre idée directrice est la suivante : l'urée montre une oxydo-luminescence. Or l'urée peut être considérée comme la diamide de l'acide carbonique. D'une façon générale, le groupe amide confère-t-il la propriété aux molécules qui le portent, d'être luminescentes par oxydation ?

Les expériences ont été réalisées dans les conditions suivantes : le produit à examiner est dissous, au moment de l'essai, dans la potasse à 20 pour 100. Pour les corps peu solubles, on opérait sur une solution-suspension et, l'œil étant habitué à l'obscurité, on ajoutait l'eau de Javel du commerce. La durée de la luminescence était comptée en secondes ou minutes, suivant les cas.

Les termes les plus simples de la série aliphatique, formiamide, acétamide, propionamide, ne nous ont donné aucun résultat, ni à froid ni à chaud (50° environ).

La benzamide par contre, à froid, émet une luminescence verdâtre. A chaud le produit est détruit avec dégagement d'ammoniaque.

La phtalimide, qui peut être considérée comme une amide particulière de l'acide orthophtalique luit, à 50° environ. La lumière émise est vert-jaunâtre, mais la solution devient bientôt d'un brun opaque.

La 3-aminophtalimide nous semble présenter une très faible luminescence, mais non régulièrement reproductible. La solution prend rapidement une teinte rouge-grenat foncé.

La diamide orthophtalique, en suspension dans la lessive alcaline à 20 pour 100, émet une belle lumière bleue, durant plus de dix minutes.

La laine, dans laquelle on considère la présence de sels ammoniacaux susceptibles de se transformer en amides substituées, émet, ainsi que la soie, une faible lueur sous l'action de l'eau de Javel, phénomène à rapprocher de la luminescence des albuminoïdes et de la peau humaine.

Les hydrazides peuvent être considérées aussi comme des amides substituées. Quelques-unes ont été soumises aux réactifs dans les conditions ci-dessus fixées.

L'hydrazide de l'acide benzoïque luit très faiblement à 50°. Le produit

se décompose. L'hydrazide salicylique fournit une assez belle luminescence vert bleuâtre, à 50°. Enfin l'uréide de l'acide benzoïque émet une très faible luminescence, à chaud.

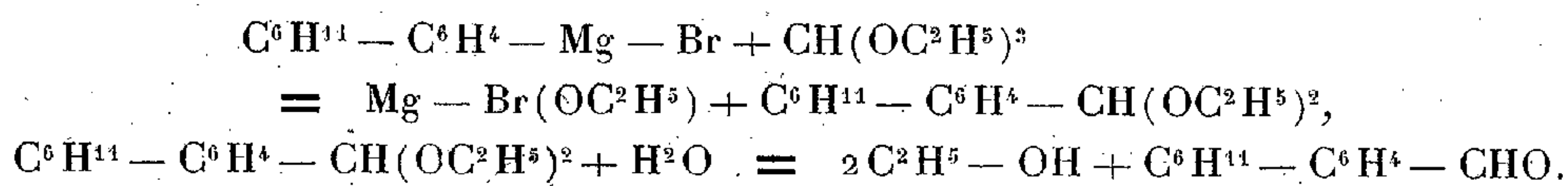
Il résulte de cette expérimentation que la fonction amide, soudée à un noyau aromatique, provoque la chimiluminescence par oxydation, comme le fait la fonction hydrazide. L'hydrate d'hydrazine lui-même, en solution à 15 pour 100, émet une faible luminescence bleue, à froid.

Nous nous proposons d'étudier ces luminescences du point de vue spectrographique. Certaines pourront être mesurées, étant donné leur intensité, directement avec un spectrographe lumineux tel qu'on les construit actuellement pour l'étude de l'effet Raman. L'examen de quelques composés, et en particulier de la 3-nitrophtalhydrazide, nous a donné des résultats positifs, bien que sa luminescence soit, toutes conditions égales par ailleurs, environ cent fois moindre que celle du luminol.

D'autre part les produits utilisés ont été examinés à la lumière de Wood. Ils manifestent généralement une faible fluorescence bleue ou violacée. L'hydrazide salicylique se distingue par une fluorescence violette éclatante. Les produits insolés par la lumière ultraviolette, puis soumis immédiatement à l'obscurité, présentent, dans certains cas, une phosphorescence. C'est ainsi que l'uréide benzoïque a montré une phosphorescence de 5 à 6 secondes, supérieure à celle manifestée dans les mêmes conditions par l'urée, l'acide benzoïque, l'anhydride phtalique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de l'aldéhyde paracyclohexylbenzylique et de l'acide paracyclohexylbenzoïque.* Note de MM. **Daniel Bodroux** et **René Thomassin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons obtenu, avec un rendement de 53 pour 100, l'aldéhyde paracyclohexylbenzilique par l'action de l'orthoformiate d'éthyle sur le bromure de paracyclohexylphénylmagnésium et décomposition de l'acétal formé par une solution étendue et bouillante d'acide sulfurique.



$$C^6H^{11} - C^6H^4 - Mg - Br + CH(OC^2H^5)^3$$
$$= Mg - Br(OC^2H^5) + C^6H^{11} - C^6H^4 - CH(OC^2H^5)^2,$$
$$C^6H^{11} - C^6H^4 - CH(OC^2H^5)^2 + H^2O = 2C^2H^5 - OH + C^6H^{11} - C^6H^4 - CHO.$$

L'orthoformiate d'éthyle réagit assez énergiquement sur le bromure de paracyclohexylphénylmagnésium en solution dans l'éther. Après intro-

duction du réactif nous avons maintenu le mélange en ébullition pendant 6 heures, puis après traitement par l'acide chlorhydrique étendu, décantation de la solution éthérée, évaporation du solvant et hydrolyse du résidu, l'aldéhyde a été isolée à l'état de combinaison bisulfitique.

Cette aldéhyde est un liquide incolore, dont l'odeur rappelle le citral, bouillant à 159° sous 10mm. A 20° sa densité est 1,028 et son indice de réfraction pour la raie D : 1,524 (R. M. calculée : 55,96; théorique : 56,73). Elle s'oxyde au contact de l'air, très lentement à la température ordinaire, plus rapidement à chaud.

Par d'autres méthodes, mais avec de médiocres rendements, MM. Braun, Irmisch et Nelles ont préparé cette aldéhyde ([1]) et la réaction de Cannizarro leur a fourni l'acide paracyclohexylbenzoïque, solide incolore, fusible à 198°.

Nous avons obtenu cet acide par l'action de l'anhydride carbonique sur le bromure de paracyclohexylphénylmagnésium et décomposition par l'acide chlorhydrique étendu du produit d'addition formé. En mettant en œuvre CO^2 gazeux, le rendement en acide a été faible; il s'est élevé à 61 pour 100 en incorporant à la solution éthérée de l'organo-magnésien un excès de neige carbonique.

En solution alcaline bouillante, le permanganate de potassium employé en excès transforme l'acide paracyclohexylbenzoïque en acide téréphtalique.

Le parabromocyclohexylbenzène utilisé pour les synthèses précédentes a été facilement obtenu (rendement 80 pour 100 environ) en traitant le phénylcyclohexane par le brome en présence d'une petite quantité d'iode. C'est un liquide incolore, distillant entre 153° et 155° sous 9mm. A 18°, sa densité est 1,288 et son indice de réfraction pour la raie D : 1,5645 (R. M. calculée : 60,4; théorique : 59,82). Oxydé à chaud par l'anhydride chromique en solution dans l'acide acétique dilué à 50 pour 100, il se transforme intégralement en acide parabromobenzoïque.

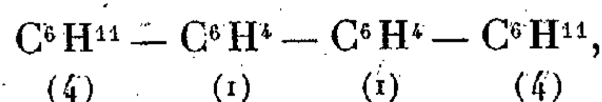
Le parabromocyclohexylbenzène, que MM. Mayes et Turner avaient antérieurement obtenu en condensant le chlorure de cyclohexyle et le bromobenzène en présence de chlorure d'aluminium ([2]), réagit facilement sur le magnésium en présence d'éther. A côté de la combinaison organo-

---

([1]) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 1473.

([2]) *J. Chem. Soc.*, mars 1929, p. 500.

métallique, il se fait en très petite quantité le diparacyclohexylbiphényle



$$\underset{(4)}{C^6H^{11}} - \underset{(1)}{C^6H^4} - \underset{(1)}{C^6H^4} - \underset{(4)}{C^6H^{11}},$$

solide incolore, cristallisant dans l'alcool en lamelles fusibles à 202°-203°. Nous avons essayé sans succès de préparer ce carbure par la méthode de Fittig, d'abord au sein de l'éther, puis de l'oxyde de butyle. Il y a bien eu réaction du dérivé halogéné sur le sodium, mais, dans chaque cas, l'opération n'a fourni que des goudrons et du phénylcyclohexane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Homologues du para-anthracène; polymères du méthyl-9 anthracène et de l'éthyl-9 anthracène.* Note de M. **Antoine Willemart**, présentée par M. Marcel Delépine.

Bien que la photopolymérisation de l'anthracène soit connue depuis longtemps (Fritzsche-1867) (1) et qu'elle ait suscité de très nombreux travaux, on ne connaît que très peu de polymères anthracéniques. Parmi les dix exemples que nous avons trouvés, il convient de noter que deux seulement sont des composés monosubstitués en méso, l'un par un atome de brome (2), et l'autre par un groupement carboxyle (3).

L'étude générale, que nous avons entreprise sur les oxydes anthracéniques dissociables, nous a conduit à l'obtention de deux nouveaux polymères se préparant photochimiquement, l'un à partir du méthyl-9 anthracène, et l'autre à partir de l'éthyl-9 anthracène. La meilleure méthode de formation consiste à irradier une solution éthérée de l'un ou l'autre de ces hydrocarbures par le rayonnement de l'arc à vapeur de mercure : on obtient de la sorte, dans les deux cas, une précipitation de cristaux massifs incolores de point de fusion élevé (vers 280° au bloc Maquenne) et de composition identique à celle du produit mis en expérience. Bien que le degré de polymérisation de ces composés n'ait pu être déterminé (à cause de leur insolubilité à peu près complète dans les divers solvants), l'état polymérisé peut être démontré par retour à l'état monomère : la simple fusion régénère l'hydrocarbure primitif.

Nous n'avons pas manqué d'essayer la photopolymérisation d'autres

(1) *J. prakt Chem.*, 1re série, 101, 1867, p. 337.
(2) O. Fischer et Ziegler, *J. prakt. Chem.*, 2e série, 86, 1912, p. 289.
(3) Weigert et Kummerer, *Ber. d. chem. Ges.*, 47, 1924, p. 898.

hydrocarbures anthracéniques, tel que le di-méthyl-9-10 anthracène et le méthyl-9 éthyl-10 anthracène. Dans les conditions opératoires identiques, il ne nous a pas été possible d'obtenir les polymères correspondants.

A s'en tenir à ces premiers résultats expérimentaux, d'accord avec les polymères antérieurement décrits, il semblerait que la photopolymérisation d'un hydrocarbure anthracénique exigeât au moins la présence d'un atome d'hydrogène sur l'un des sommets méso. Cette condition, qui semble nécessaire, n'est cependant pas suffisante pour déterminer immanquablement la polymérisation, puisque le phényl-9 anthracène, qui possède un atome d'hydrogène en méso, n'a pas pu être polymérisé.

Ainsi, comme il a déjà été signalé pour l'anthracène lui-même ([4]), la transformation photochimique de certains hydrocarbures anthracéniques peut aboutir à deux résultats différents : la réaction principale serait une photopolymérisation en solution éthérée avec le rayonnement de l'arc au mercure et une photooxydation en solution sulfocarbonique avec le rayonnement solaire. Il est très vraisemblable que, en variant les conditions expérimentales (nature de l'hydrocarbure, sa concentration, nature du solvant, nature du rayonnement, etc.), ces deux phénomènes pourraient se juxtaposer à un degré variable. C'est ce que nous avons constaté pour une solution éthérée de méthyl-9 anthracène : exposée au rayonnement solaire, elle donne naissance à la fois à un polymère et à un photoxyde.

Les résultats, qui sont résumés dans cette Note, montrent toute la complexité de la photopolymérisation des hydrocarbures anthracéniques, et par conséquent de l'anthracène lui-même.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de la β-ionone : dihydro-β-ionone, dihydro-β-ionol; quelques dérivés de l'α et β-ionol.* Note de M. **Jean Kandel**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a décrit les produits d'hydrogénation de l'α-ionone ([1]) puis les dérivés du tétrahydroionol ([2]).

Nous avons étendu à la β-ionone les mêmes techniques d'hydrogénation, à savoir l'hydrogénation catalytique sur nickel, sous une

([4]) Ch. Dufraisse et M. Gérard, *Comptes rendus,* 201, 1935, p. 428.

([1]) L. Palfray, S. Sabétay, J. Kandel, *Comptes rendus,* 203, 1936, p. 1376.

([2]) J. Kandel, *Comptes rendus,* 205, 1937, p. 63.

pression initiale de 150^{kg}, à des températures de plus en plus élevées et l'hydrogénation sélective du groupe carbonyle par la méthode de Ponndorf.

Les corps obtenus ne sont identiques avec ceux qui dérivent de l'α-ionone que dans le cas de l'hydrogénation complète, à savoir le tétrahydroionol et la tétrahydroionone. Les autres produits, au contraire, s'en distinguent nettement à cause de la position différente de la double liaison intranucléaire.

Nous décrirons donc ici les corps qui résultent de l'hydrogénation partielle de la β-ionone. Nous étudierons ensuite à part le produit d'hydrogénation selon Ponndorf de la β-ionone, ainsi que quelques dérivés de l'α et β-ionol.

Sous l'influence du nickel Raney, la β-ionone fixe déjà l'hydrogène à la température ordinaire. Mais c'est à 65° que la fixation d'une molécule devient rapide. On isole un corps à fonction cétonique, dont on fait la semi-carbazone, F. 169°,5 corr. (Maquenne). La cétone, régénérée par hydrolyse oxalique, présente les constantes : Éb./15, 127°; $d_4^{20°}$ 0,9269; n_D^{20} 1,4816; R_D calc. pour $C^{13}H^{22}O$ $\overline{1}$ 59,58, trouvé 59,63. C'est la *dihydro-β-ionone* [3].

Si l'on opère à 90°, on obtient un mélange d'alcool et de cétone. L'alcool est séparé, soit sous forme de borate, soit sous forme d'allophanate, d'où on récupère un alcool ayant les constantes : Éb./14, 132°,5; n_D^{19} 1,4879 : d_4^{25} 0,9197, R_D calc. pour $C^{13}H^{24}O$ $\overline{1}$ 61,09, trouvé 61,07. C'est le β-*dihydroionol*. Au bout d'un certain temps, il s'est spontanément solidifié. Par recristallisation dans l'alcool à 95°, il se présente en belles tablettes hexagonales fondant à 39°,5. Son allophanate fond à 171°,5.

Il est identique (fusion mélangée), à celui qu'on obtient par hydrogénation (selon Ponndorf) de la dihydro-β-ionone ci-dessus. Il possède une odeur camphrée. Très soluble dans éther, alcool et benzène.

Si l'on hydrogène la β-ionone par action de l'isopropylate d'aluminium (Ponndorf), on obtient le β-*ionol*, qui, régénéré de son borate, possède les constantes :

Éb./14,5, 130°,5; d_4^{19} 0,9251, n_D^{19} 1,4973; R_D calc. pour $C^{13}H^{22}O$ $\overline{2}$ 60,63; trouvé 61,39.

On constate ici l'exaltation due aux doubles liaisons conjuguées. C'est un liquide épais, qui se déshydrate très facilement.

---

(3) C. Ruzicka, *Helv. Chim. Acta*. 17, 1934, p. 637.

Carbures. — Nous avons étudié parallèlement la déshydratation des deux ionols isomères α et β. On fait passer les vapeurs sur le silicagel chauffé vers 300°. On obtient, avec un rendement satisfaisant, les carbures triéniques correspondants : à partir de l'α-ionol, le *triméthyl* 2.4.4-*butadiényl*-3-*cyclohexène* (I), et, à partir du β-ionol, le *triméthyl* 1.3.3-*butadiényl*-2-*cyclohexène* (II).

(I). Éb./16,5, 96°-97°; d_4^{18} 0,8675; n_D^{18} 1,5000; R_D calc. pour $C^{13}H^{20}$ $\overline{|3}$ 58,63; trouvé 59,67.

(II). Éb./15, 108°-110°; d_4^{18} 0,8784; n_D^{18} 1,5320; R_D calc. pour $C^{13}H^{20}$ $\overline{|3}$ 58,63; trouvé 62,09.

On trouve ici la forte exaltation due respectivement à deux et trois doubles liaisons conjuguées.

Éthers-oxydes. — On les a préparés par action de l'iodure d'alcoyle correspondant sur l'ionol, en présence d'oxyde d'argent. Nous donnons les constantes des éthers méthylique et éthylique de l'α-ionol; le β-ionol se déshydrate trop facilement pour permettre d'obtenir des rendements utilisables :

							Pour $C^{14}H^{24}O$ $\overline{|2}$	
							R_D calc.	R_D trouvé.
$C^{14}H^{24}O$....	$E_{15,5}$	115°	d_4^{25}	0,8814	n_D^{25}	1,4705	65,36	65,90
$C^{15}H^{26}O$....	E_{14}	120°	d_4^{20}	0,8756	n_D^{20}	1,4689	69,98	70,59

Esters. — Par action des chlorures d'acides, en présence de pyridine, on a pu obtenir plusieurs esters des ionols α et β, le formiate a été préparé au moyen du mélange acéto-formique :

Esters de l'α-ionol.

							R_D	
							calculé.	trouvé.
Formiate....	E_{15}	127°,5-128°	d_4^{20}	0,9474	n_D^{20}	1,4735	65,37	65,79
Acétate.....	E_{15}	134°	$d_4^{20,5}$	0,9367	$n_D^{20,5}$	1,4713	69,99	70,46
Propionate..	E_{15}	144°-145°	d_4^{19}	0,9315	n_D^{19}	1,4705	74,61	74,95
Benzoate....	E_2	168°-169°	d_4^{20}	0,9990	n_D^{20}	1,5199	89,48	90,67

p-Nitrobenzoate (F. 88°) Allophanate (F. 151°-152°)

Esters du β-ionol.

							R_D	
							calculé.	trouvé.
Acétate......	$E_{14,5}$	136°,5	d_4^{19}	0,9418	n_D^{19}	1,4765	69,99	70,74
Propionate...	E_{15}	145°-146°	d_4^{16}	0,9408	n_D^{16}	1,4747	74,61	74,77
Isobutyrate..	$E_{15,5}$	150°	$d_4^{16,5}$	0,9276	$n_D^{16,5}$	1,4721	79,23	79,71
Benzoate.....	E_{15}	205°-206°	$d_4^{16,5}$	1,0050	$n_D^{16,5}$	1,5225	89,48	90,51

p-Nitrobenzoate (F. 85°)

MINÉRALOGIE. — *Cristaux liquides obtenus par sublimation.* Note de M. PAUL GAUBERT.

Les liquides cristallins, se présentant sous des formes très variées, ont été l'objet de nombreuses études. Le but de cette Note est d'examiner les propriétés d'une masse liquide anisotrope, obtenue par sublimation, par conséquent beaucoup plus petite que celles qui ont été considérées jusqu'ici.

Les observations ont été faites avec le *p*-azoxyanisol.

Divers dispositifs peuvent être employés pour obtenir le produit sublimé dans des conditions favorables à son étude. En voici un très simple.

Une petite quantité de *p*-azoxyanisol est chauffée sur la platine électrique du microscope dans une cellule formée par une lame porte-objet creuse en son milieu, ou supportant un tube de verre, dont la hauteur de (1 à 10^{mm}) varie suivant les essais. Une lamelle de verre, destinée à recevoir les vapeurs, couvre le tube de verre ou la cavité de la lame. Le dépôt de vapeurs peut être ainsi examiné sous le microscope pendant et après sa formation. Suivant la température du porte-objet et celle de la lamelle, il se dépose, soit des gouttelettes isotropes ou anisotropes, soit des cristaux solides appartenant aux deux modifications cristallines connues.

Le liquide cristallin comme le liquide isotrope émet des vapeurs mais moins que ce dernier, alors même que la différence de température est faible.

Examinées au microscope polarisant, les gouttes biréfringentes, dont la forme se rapproche de celle d'une lentille plan convexe, mais dont l'épaisseur n'est pas toujours en rapport avec le diamètre, montrent de belles franges colorées. Presque toutes se comportent, surtout si leur diamètre ne dépasse pas 50$^{\mu}$, comme si elles étaient taillées dans un cristal, la face plane étant parallèle à l'axe optique. En effet l'extinction se fait simultanément sur toute leur étendue. Très rarement, il se produit des gouttes dont l'axe optique est perpendiculaire à la lame de verre. La platine de Fédoroff permet d'établir l'orientation de ces cristaux liquides, trop petits pour être observés en lumière convergente. Correspondant aux plages homogènes de O. Lehmann, ils montrent les mêmes apparences que les cristaux lenticulaires d'acide picrique produits dans la glycérine [1].

Probablement à cause de quelques traces d'impuretés sur la lame de

[1] PAUL GAUBERT, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, **27**, 1904, p. 238.

verre, ces gouttes anisotropes, véritables cristaux, bien que n'étant pas en contact, présentent quelquefois la même orientation optique.

Elles peuvent rester à l'état de surfusion et d'autant plus longtemps qu'elles sont plus petites. Celles dont le diamètre est de 1/10e de millimètre environ peuvent ne se solidifier que vers 60° et même au-dessous, alors que celles dont les dimensions ne dépassent pas 8$^\mu$ peuvent se maintenir à l'état cristallin plus de 24 heures à la température ordinaire, si elles sont à l'abri des trépidations et des variations de la température.

Presque toutes les gouttes anisotropes donnent, en se solidifiant, des fibres de la forme cristalline instable fondant à 104°. Portée à cette température, cette dernière forme directement une plage homogène, de telle sorte que la phase liquide anisotrope a un domaine plus étendu que si elle provient des cristaux stables. Les deux modifications solides peuvent se produire dans des gouttes situées dans le champ du microscope, par conséquent à des distances très rapprochées. Il est à remarquer que la forme instable, même obtenue dans ces conditions, se maintient plus longtemps que dans les préparations ordinaires entre deux lames de verre.

L'action de la chaleur est intéressante. Les cristaux liquides conservent leurs propriétés optiques jusqu'au point de fusion isotrope, seule la biréfringence diminue, comme l'indique la variation des teintes, assez nette avec les gouttes surfondues à 60°. Dès qu'une partie de la plage est devenue isotrope, le reste n'étant plus en contact avec la lame de verre, change subitement de structure. Avec ces gouttes n'ayant pas plus de 1/40e de millimètre, il se produit un sphérolite à croix noire très aplati, comme l'indique sa teinte, et positif. Si la goutte est plus grosse, à côté du gros sphérolite, il peut s'en former 1, 2 et même plus, de très petits. La goutte étant refroidie, le sphérolite peut rester et s'accroître pour constituer toute la masse, mais, habituellement, il disparaît pour faire place à une seule plage homogène identique à la première. Si la fusion est complète, il se produit aux dépens du liquide isotrope des sphérolites donnant finalement une plage homogène. Ces sphérolites correspondent aux gouttes de O. Lehmann dans la première position principale, mais à cause de leur faible épaisseur, leur structure est beaucoup moins compliquée et est, en somme, voisine de celle des sphérolites solides. Quelquefois, ce sont des édifices se rattachant aux gouttes dans la deuxième position principale qu'on voit apparaître. Par conséquent, les sphérolites, produits vers le point de fusion avec les petites gouttes, sont des formes beaucoup plus régulières que celles obtenues dans les mêmes conditions avec des préparations ordinaires.

PÉTROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE. — *Sur les formations sableuses de la basse Provence orientale*. Note ([1]) de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Lucien Cayeux.

On connaît des sédiments arénacés, consolidés ou non à différents niveaux de la série stratigraphique provençale : intercalés dans le Permien, dans le Trias inférieur (Grès bigarré), dans le Crétacé et l'Eocène continentaux. J'ai été amené, pour tenter de préciser l'âge discuté de la formation de Terrubi au nord-est de Brignoles (attribuée au Permien et au Trias suivant les uns, au Crétacé terminal suivant les autres), à chercher, en l'absence de fossiles, un critère d'ordre pétrographique. J'espérais que l'étude des minéraux lourds contenus dans ces diverses formations arénacées permettrait de trancher la question.

J'ai examiné des sédiments sableux récoltés, d'une part, dans la plaine permienne (Fréjus, Le Muy, La Motte, Le Luc, Les Mayons) et dans la bordure de grès bigarré (Gonfaron, Le Luc, La Motte), d'autre part, dans les bassins lacustres crétacés-éocènes de l'intérieur de la Provence calcaire (Ampus, Moissac, Fox-Amphoux, Saint-Martin des Pallières, Sillans, Salernes, Le Val).

Ces diverses localités m'ont fourni des sables présentant à ce point de vue des caractères très constants avec l'âge de la formation :

1° Le Permien et le Grès Bigarré sont extrêmement pauvres en éléments lourds, pour quelques grammes de sables (récoltés dans les parties les plus friables de ces formations souvent consolidées), la séparation au bromoforme ne permet de recueillir que quelques cristaux d'espèces minérales peu variées, limonite, chlorite et surtout micas.

2° Les sables éocènes sont, au contraire, extrêmement riches en éléments lourds, et contiennent notamment une très grande proportion d'éléments de métamorphisme, staurotide et surtout disthène. Ce dernier, facile à isoler à l'électroaimant parce que non attirable, même dans un fort champ magnétique, est particulièrement constant. Les autres éléments relativement abondants sont le grenat (très peu coloré en général), la tourmaline brune, la muscovite parfois très abondante (Ampus, Moissac, Le Val), l'apatite, l'andalousite (assez rare); la limonite est très cons-

([1]) Séance du 15 novembre 1937.

tante, les minéraux titanifères sont assez rares : anatase, brookite et rutile, à Moissac, et Le Val, rutile à Flayosc, Sillans et Ampus.

Ces résultats permettent d'affirmer que les sables et grès permotriasiques n'ont joué qu'un rôle très minime dans la constitution des sédiments éocènes. Il est donc légitime de penser que dès le début du Tertiaire, un massif cristallin était à nu au voisinage, la nature fluviolacustre de ces sédiments semblant exclure une origine lointaine. Cela souligne l'importance des mouvements crétacés dans la région qui nous occupe.

D'autre part, d'après un renseignement oral de M. Deb, qui a étudié les formations de même âge des environs de Vence, les sables éocènes de cette région sont très pauvres en éléments lourds : on y trouve une faible quantité d'éléments titanifères; la staurotide et le disthène y sont exceptionnels. On peut donc supposer que l'origine des sables éocènes de la région de Draguignan doit être cherchée dans les Maures, où les minéraux de métamorphisme existent en grande abondance et non dans des massifs cristallins situés plus à l'Est. Un sable marin actuel de la côte des Maures (Cavalaire) m'a d'ailleurs montré une répartition d'éléments lourds fort analogue à celle des sables de l'Éocène provençal.

En ce qui concerne l'âge de la formation de Terrubi, les sédiments arénacés que j'y ai récoltés présentent les mêmes caractères minéralogiques que ceux du Permien. Ceci est en accord avec la conclusion formulée récemment par M. A.-F. de Lapparent.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le spectre d'absorption ultraviolet de l'ozone atmosphérique*. Note [1] de MM. **Georges Déjardin** et **Albert Arnulf**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons montré [2] que l'étude spectrophotométrique du rayonnement direct du Soleil, filtré et diffusé par l'atmosphère, permet de mettre en évidence et d'évaluer numériquement les différences existant entre le spectre d'absorption ultraviolet de l'ozone atmosphérique et le spectre d'absorption de l'ozone, observé au laboratoire à la température ordinaire. On sait que ces différences, se traduisant par un constraste plus accusé des bandes de Huggins dans le cas de l'atmosphère, doivent être attribuées à la

---

(1) Séance du 15 novembre 1937.

(2) G. Déjardin, A. Arnulf et D. Cavassilas, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 809.

température relativement basse des régions occupées par la majeure partie de l'ozone atmosphérique.

Les propriétés absorbantes de l'ozone à diverses températures ont été étudiées quantitativement par E. Vassy ([3]). Dans le domaine des bandes de Huggins, l'influence du refroidissement sur les minima d'absorption est d'autant plus marquée que la longueur d'onde est plus grande. D'autre part D. Chalonge et Mme L. Lefebvre ([4]) ont signalé, pour la température — 80° C., la disparition quasi complète de certaines bandes (3495, 3456, 3421, 3388 et 3356 Å), formant d'ailleurs un groupe homogène.

Nos courbes d'absorption atmosphérique s'étendent à la région des grandes longueurs d'onde, dans tout le domaine occupé par le prolongement des bandes de Huggins. En effectuant des mesures très rapprochées, rendues possibles par la finesse de nos clichés, nous avons observé, entre 3700 et 3135 Å, les maxima d'absorption dont la longueur d'onde est indiquée, à 1 Å près, dans le tableau suivant. Un grand nombre de ces bandes telluriques (*) ne semblent pas avoir été signalées jusqu'ici. A une ou deux exceptions près, elles se retrouvent dans le spectre d'absorption de l'ozone, étudié au laboratoire par D. Chalonge et Mme L. Lefebvre ([5]), et par Ny Tsi-Ze et Choong Shin-Piaw ([6]).

3660*?	3557	3431	3357,5*	3315	3272	3226,5	3180*
3656*	3543*	3420,5*	3355,5*	3312	3264	3223*	3178*
3651*	3536	3411,5*	3351,5	3310*	3261*?	3220,5	3175,5
3638*	3530*	3401,5	3348*	3306*?	3255,5	3214	3170
3627*	3525*?	3397,5*	3344,5	3303,5	3248,5	3212,5*	3167*
3623*?	3514	3395	3338,5	3299*	3244*	3210	3164
3611	3504	3389*	3333*	3296,5	3242,5	3205	3161*
3604*	3496*	3384,5*	3331,5	3293*	3240*?	3200	3155
3595*	3486	3382	3327,5*	3290*	3236*?	3197*	3150*?
3591*	3471*	3378	3325	3287*	3234,5*	3194,5	3148
3580 ?	3456*	3376*	3322*	3282,5	3231	3187	3139*
3573*	3448 ?	3371	3319*	3279,5	3229,5*	3183	3134
3564*	3437	3366,5	3317,5*	3274,5*			

Ces résultats montrent qu'en dehors de l'effet de température rappelé

([3]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1937.

([4]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 456-457; *Les propriétés optiques de l'ozone et leur emploi dans l'étude de l'atmosphère*, Paris, 1934, p. 22-24.

([5]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 444-446.

([6]) *Chinese Journ. of Physics*, **1**, 1932-33, p. 21-33.

ci-dessus, il n'existe aucune différence appréciable de structure entre le spectre de l'ozone atmosphérique et le spectre observé au laboratoire. En particulier, les bandes qui, d'après Chalonge et Mme Lefebvre, s'atténuent considérablement aux basses températures, se manifestent sans aucun doute dans l'absorption atmosphérique, contrairement à ce qui avait été annoncé précédemment par l'un d'entre nous ([7]). Il s'agit d'ailleurs de bandes secondaires, marquées seulement par de petites sinuosités de la courbe d'absorption de l'ozone, d'après Ny Tsi-Ze et Choong Shin-Piaw.

D'autre part, en comparant nos déterminations avec celles des expérimentateurs précédents, et en admettant que les maxima d'absorption sont insensibles à l'action de la température, nous avons constaté, dans la région des grandes longueurs d'onde, une augmentation importante du contraste des bandes principales, notamment pour les minima d'absorption au voisinage de 3490, 3460, 3452, 3424, 3417, 3391, 3360 et 3328 A. Ces minima sont nettement plus transparents dans l'absorption atmosphérique que dans le spectre de l'ozone à la température ordinaire. Ainsi l'effet de température décelé dans la région des courtes longueurs d'onde semble bien se manifester, et même s'accuser davantage, dans le domaine d'absorption beaucoup plus faible qui prolonge les bandes de Huggins proprement dites.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Modifications subies par des plantules ayant séjourné un temps relativement court dans des solutions d'acide β-indolylacétique*. Note de MM. **Théodore Solacolu** et **Démètre Constantinesco**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Poursuivant nos études ([1]) sur l'action de l'acide β-indolylacétique (hétéro-auxine) sur les végétaux, dans la présente Note nous exposons les résultats auxquels nous sommes arrivés en examinant le devenir des jeunes plantules ayant séjourné un temps relativement court dans une solution d'hétéro-auxine. Nous avons surtout essayé d'établir le temps minimum de contact nécessaire entre les solutions d'acide β-indolylacétique et les plantules, pour avoir une réaction nette du végétal.

Nous avons fait séjourner les radicules et l'axe hypocotylé de différentes

---

([7]) G. Déjardin, *Journal de Physique*, 7e série, 7, 1936, p. 1595-1605.

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 290; *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 492.

séries de plantules mises en expérience pendant 5, 10, 15, 30 et 60 minutes dans une solution à 0,20 pour 100 d'hétéro-auxine; après le temps de contact respectif, les plantules sont enlevées de la solution de l'acide β-indolylacétique, sont lavées à l'eau et mises ensuite à se développer normalement dans de l'eau commune.

Quinze minutes de contact avec la solution active ont été suffisantes pour obtenir des réactions très nettes des végétaux examinés, tandis qu'un



(I) (II) (III)

Action de solutions d'acide β-indolylacétique (0,20 pour 100) pendant 15 minutes sur les plantules de Courge (I), de Haricot (II) et de *Vicia Faba* L. (III).

temps inférieur ne donne que des modifications morphogéniques incomplètes, un temps supérieur amène la mort des organes des plantules. Dans les conditions de nos expériences, nous avons fait les observations suivantes :

a. Quarante-huit heures après le séjour de 15 minutes dans la solution d'hétéro-auxine, l'écorce de la radicule des plantules de *Vicia faba* L. commence à présenter des déchirures longitudinales, lesquelles, à un

stade plus avancé, s'accusent pour conduire finalement à une exfoliation complète de l'écorce. Ce phénomène de l'exfoliation est produit par le développement irrégulier d'un très grand nombre de radicelles. Il est intéressant de signaler que pendant ce temps la radicule a cessé de croître (*fig.* III).

b. Les plantules de pois, de Haricot et de Ricin ont réagi d'une manière analogue. Pourtant, chez le Haricot, nous avons noté le développement des radicelles sur l'axe hypocotylé lui-même et aussi l'exfoliation de son écorce (*fig.* II).

c. Les plantules de Courge ont réagi d'une manière différente. En effet, 24 heures après le séjour de 15 minutes dans la solution d'hétéro-auxine, l'axe hypocotylé présente, par rapport aux témoins, un épaississement sensible, qui augmente et devient, après 3 ou 4 jours, le centre de développement de nombreuses radicelles (*fig.* I). Un développement presque analogue présente les plantules de Soleil.

Ces expériences montrent que l'acide β-indolylacétique en solution relativement concentrée et dans un temps sensiblement court provoque les mêmes phénomènes morphogéniques que nous avons signalé ([2]) dans d'autres conditions d'expérimentation sur les mêmes espèces végétales, lors de nos études sur l'action, à la longue, des solutions diluées d'hétéro-auxine sur la germination et le développement de la plantule.

En conclusion, l'acide β indolylacétique est capable d'exciter la cellule végétale des plantules après un temps de contact relativement court; les effets de cette excitation persistent longtemps, même si la plante continue à se développer normalement dans l'eau ordinaire en dehors de toute influence de l'acide-β andolylacétique ([3]).

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 492.

([3]) Cette influence nous rappelle l'action analogue sur la cellule végétale de certaines substances chimiques comme le chloral hydraté, la colchicine, etc. (D.-V. Regemorter, *La Cellule*, **37**, 1926-27, p. 41; P. Gavaudan, N. Gavaudan et N. Kobozieff, *C. R. Soc. Biol.*, **125**, 1937, p. 705.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dosages de la flavine au cours du développement dans les cultures d'*Eremothecium Ashbyii. Note de Mlle **Anne Raffy** et M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Ayant établi, en collaboration avec A. Guilliermond, la présence d'un pigment se rapportant au groupe des flavines dans *Eremothecium Ashbyii* (1), nous avons été frappés par la quantité apparemment notable formée en peu de temps dans le milieu. Nous avons essayé de préciser cette production en dosant la flavine au fur et à mesure du développement de la culture, dans des tubes contenant une quantité déterminée (10^g) de milieu et tous ensemencés de la même façon. Nous avons pratiqué nos dosages par photométrie de fluorescence, à l'aide de l'appareil de Pulfrich-Zeiss, en suivant la méthode décrite par A. Gourévitch (2). Nous avons d'abord vérifié que le milieu de culture [Gorodkowa (3)] ne contient pas de quantités appréciables de flavine, et qu'il ne s'en développe pas spontanément dedans à la température de 27° et à l'obscurité, température et conditions de la conservation de nos tubes de culture. Nous avons également vu qu'un ensemencement du milieu n'apportait qu'une trace insignifiante du pigment d'un ordre de grandeur inférieur à un γ. La flavine est donc bien due au Champignon seul.

Au cours du temps, à 27°, nous avons constaté un accroissement rapide du taux de flavine :

Au bout de..	2 jours.	7 jours.	9 jours.	14 jours.	19 jours.
γ..........	<1	56,5	360	597	856

Puis il y a décroissance et stabilisation. Au bout de 23 jours, nous dosions 550^{γ} et, dans une ancienne culture de 2 mois, 569^{γ}.

Notons enfin que dans un tube où deux ensemencements avaient provoqué le développement de deux cultures, d'abord bien individualisées, puis, plus ou moins confluentes, nous avons dosé, au bout de 31 jours, 1122^{γ} de flavine, quantité double de celle qu'a produite une seule culture dans une période de temps voisine.

(1) A. Guilliermond, M. Fontaine et A. Raffy, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1077.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 19, 1937, p. 539.

(3) Eau distillée 100; gélose 15 pour 1000 1,5; peptone 1; bouillon de viande 1; Na Cl 0,5; glucose 0,25.

La flavine n'est cependant pas formée toujours dans les mêmes proportions, dans le milieu considéré et à 27°. Le milieu de Gorodkowa n'est, en effet, pas particulièrement favorable au développement du Champignon lui-même. Celui-ci, après un temps de vie active, cesse de s'y développer et il faut lui faire subir des passages sur d'autres milieux (Sabouraud, par exemple) pour le régénérer. Le milieu de Gorodkowa est un milieu pauvre où le Champignon végète dans des conditions défavorables. Ce sont précisément ces circonstances qui ont pour conséquence une abondante production de flavine. Mais il vient un moment où le Champignon pousse si mal qu'il forme de moins en moins de pigment. Nous avons dosé la flavine dans de telles cultures dégénérées après plusieurs passages sur Gorodkowa.

A 27°, au bout de 42 jours, nous n'avons dosé que 129 γ de flavine et 152 au bout de 79 jours. Au contraire, aussitôt après régénération sur Sabouraud, la même souche repiquée sur Gorodkowa y a produit 94,5 γ au bout de 8 jours. On voit combien influe l'accoutumance au milieu. La nature de celui-ci influe également. Sur milieux liquides, par exemple dans la peptone-glucose, également dépourvue de flavine avant ensemencement, *Eremothecium* n'en produit que peu et que lentement par comparaison avec le Gorodkowa. Au bout de 52 jours, nous ne trouvions que 286 γ de flavine dans 10^g de ce milieu; 209,5 au bout de 69 jours; 94 au bout de 98 jours. Les mycéliums, isolés du milieu par filtration, n'en contenaient que 16 γ dans la culture de 69 jours et 65 dans celle de 98 jours. La température est un autre facteur influençant la production du pigment. Celle de 27° est apparemment la meilleure. C'est alors que la couleur jaune et la fluorescence verte sont, à l'œil même, les plus intenses. Des dosages pratiqués sur des cultures obtenues à diverses températures confirment cette constatation. C'est ainsi que, dans la série dont un tube contenait, à 27°, 129γ, un autre tube maintenu à 20-22° n'en renfermait que 67,9 et un autre conservé à 30°, 88, 97 γ.

Conclusions. — *Eremothecium Ashbyii* produit rapidement des quantités de flavine qui croissent avec l'âge de la culture, puis décroissent et se stabilisent. Le milieu de Gorodkowa est particulièrement propice à l'édification du pigment; sur peptone-glucose elle est moins intense. L'optimum de température est proche de 27°.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'atisine de l'*Aconitum heterophyllum *Wall. et l'anthorine de l'*Aconitum anthora *L.* Note de M. **André Goris**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans *Aconitum anthora* L., Alb. Goris et Métin ([1]) ont signalé la présence de deux alcaloïdes : l'*anthorine* soluble dans le chloroforme et l'éther et la *pseudo-anthorine* insoluble dans ce dernier solvant, mais soluble dans le chloroforme. Ces auteurs n'ont pu obtenir de sels cristallisés de ces alcaloïdes, mais ont signalé leur peu de toxicité par rapport à celle de l'aconitine.

Dans un travail déjà ancien, mon père a établi que les racines du genre *Aconitum* se rangent du point de vue anatomique en cinq groupes et que la nature de leurs alcaloïdes paraît en rapport avec chacun de ces groupes ([2]).

A. heterophyllum et *A. anthora* ayant une structure anatomique identique, nous avons recherché s'il n'y a pas une analogie de composition entre l'*atisine* ([3]) et l'*anthorine*, ces deux alcaloïdes étant solubles dans l'éther.

Des alcaloïdes bruts, retirés des racines de ces deux aconits, on sépare par l'éther l'alcaloïde soluble dans ce dissolvant. On en obtient le chlorhydrate en ajoutant à sa solution éthérée une solution alcoolique de gaz chlorhydrique. Le précipité obtenu, dissous dans l'alcool absolu, donne par addition d'éther un produit cristallisé.

Les chlorhydrates d'atisine et d'anthorine ont la même composition correspondant à la formule $C^{22}H^{31}NO^{2}$, HCl.

Chl. atisine (Jowett) : HCl % 9,66; P. M. 360,8; F. 296°; $[\alpha]_D + 18°,46$. — Chl. atisine (Goris) : C % 69,61; H % 9,23; N % 3,73; HCl % 9,68; P. M. 377; F. 340°; $[\alpha]_D + 26°,86$. — Chl. anthorine (Goris.) : C % 68,88; H % 8,86; N % 3,75; HCl % 9,40; P. M. 388; F. 335°; $[\alpha]_D + 24°,44$. — Théorie pour $C^{22}H^{31}NO^{2}$, HCl : C % 69,93; H % 8,21; N % 3,70; HCl % 9,67; P. M. 377,5.

En ajoutant une solution aqueuse d'iodure de potassium à la solution aqueuse des chlorhydrates, nous avons préparé les iodhydrates correspondants. Nous avons d'autre part établi que les chlorhydrates et les iodhy-

---

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 968.

([2]) Alb. Goris, *Bull. Sc. Pharm.*, **3**, 1901, p. 103.

([3]) H. A. D. Jowett, *J. Chem. Soc.*, **69**, 1896, p. 1518.

drates d'atisine et d'anthorine donnent avec l'acide sulfurique concentré ou avec le réactif de Fröhde, une teinte jaune qui vire au rouge violet par addition d'une goutte d'eau, réaction qui paraît spécifique de ces alcaloïdes.

Il existe des divergences entre les pouvoirs rotatoires et les points de fusion des chlorhydrates de l'atisine décrite par Jowett et de celle que nous avons obtenue. Cette différence s'explique par l'existence de deux alcaloïdes que nous avons séparés par cristallisations fractionnées du chlorhydrate d'atisine dans un mélange d'alcool-éther. Le chlorhydrate le plus soluble (F. 331°5; $[\alpha]_D + 10°62$) donne un iodhydrate fondant à 272°, alors que le chlorhydrate le moins soluble (F. 340°; $[\alpha]_D + 26°86$) donne un iodhydrate fondant à 295°.

L'analyse de ces sels, indiquant la même composition centésimale, démontre qu'ils correspondent à deux alcaloïdes isomères. Avec le réactif de Fröhde, ils fournissent la même réaction colorée. Le point de fusion d'un mélange des deux chlorhydrates étant nettement abaissé (321°), le point de fusion indiqué par Jowett (296°) pour le chlorhydrate d'atisine correspond à celui d'un mélange de chlorhydrates des deux alcaloïdes isomères.

Enfin, Jowett n'a pas signalé un alcaloïde insoluble dans l'éther que nous avons obtenu avec *A. heterophyllum* et que nous avons retrouvé également dans *A. anthora*. Nous avons constaté que les alcaloïdes solubles dans l'éther sont très sensibles à la chaleur et se transforment rapidement par chauffage de leur solution en un produit amorphe insoluble dans l'éther, soluble dans le chloroforme, fournissant difficilement des sels cristallisés.

L'étude de l'alcaloïde insoluble dans l'éther et de l'isomère de l'atisine sera poursuivie lorsque nous aurons une quantité suffisante de matière première.

En résumé, il existe dans *A. heterophyllum* trois alcaloïdes : *l'atisine*, un *isomère* de celle-ci et un *alcaloïde insoluble dans l'éther*, ces deux derniers non signalés par Jowett, et dans *A. anthora* jusqu'à présent deux alcaloïdes : *anthorine* et *pseudoanthorine*.

L'anthorine étant identique à l'atisine doit changer de nom et prendre celui d'atisine qui a la priorité (bien que n'ayant pas été obtenue par Jowett à l'état de pureté). Nous proposons le nom d'*isoatisine* pour l'alcaloïde isomère; nous n'avons pas retrouvé cet alcaloïde dans *A. anthora*, ayant opéré sur une faible quantité de racines; cependant le pouvoir rotatoire et le point de fusion du chlorhydrate d'anthorine laissent présumer la présence de l'isomère.

Ce travail montre qu'il y a une relation plus étroite encore qu'on ne le croyait entre les caractères extérieurs, l'anatomie et la composition chimique des plantes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les substances du type des auxines végétales au cours de l'évolution de* Bombyx mori *L.* Note de M. **Henri Berrier**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de recherches ([1]) que j'ai poursuivies déjà depuis longtemps, soit en collaboration avec M. Rose, soit seul, sur la présence de substances fonctionnant comme les auxines végétales dans le règne animal, il a été étudié le Discoglosse (larve et adulte) et le Cobaye.

Employant la technique sommairement décrite dans une Note précédente, j'ai recherché si des phénomènes voisins de ceux qu'on avait observés chez ces Vertébrés, ne se passaient pas au cours de l'évolution de certains Invertébrés et plus particulièrement de quelques Insectes.

La présente Note rend compte des résultats obtenus dans des expériences sur *Bombyx mori* L. Les œufs employés pour mes élevages m'ont été fournis par une maison spécialisée de France. L'incubation de ces œufs et la croissance des larves se sont déroulées à une température voisine de 22°C. La durée du développement, jusqu'à la nymphose exclusivement, y compris la période d'incubation, a été d'environ 56 jours. Pour tous mes essais, les blocs d'agar portés sur les coléoptiles réactifs ont reçu les substances diffusées par des masses égales d'œufs, de larve, de chrysalide et d'insecte parfait.

Dans ces conditions expérimentales, on a observé les faits suivants :

Les œufs fraîchement pondus, aussi bien que ceux qui ont subi la segmentation précédant la diapause hivernale, n'ont jamais déterminé une courbure des coléoptiles.

De même l'œuf, dans les premiers jours de l'incubation printanière, se révèle dépourvu de substances du type des auxines.

Par contre, vers le treizième jour d'incubation, les œufs en présentent des traces, ainsi que les larves venant d'éclore et non encore nourries.

Dès qu'elles s'alimentent, et jusqu'au stade précédant la montée qui

---

([1]) *a. Comptes rendus*, 201, 1935, p. 357; *b.* 203, 1936, p. 496; *c.* 203, 1936, p. 523; *d. C. R. de la Soc. de Biol.*, 124, 1937, p. 1319; *e.* 125, 1937, p. 743.

annonce le filage du cocon, la quantité de substances actives augmente très nettement.

C'est au quatrième âge (larve de 22 à 24 jours) et au cinquième âge (larve de 32 à 34 jours) que les chenilles en sont le plus riches.

A la fin de chaque âge, aux périodes qui correspondent aux mues, les auxines semblent avoir à peu près disparu.

Enfin, le ver monté et qui commence le tissage de son cocon s'est toujours montré inactif sur nos plantules d'avoine.

Quand la larve s'est enfermée dans le cocon achevé, elle est également privée de substances actives. Mais, après deux jours environ, celles-ci réapparaissent, d'abord en petite quantité, puis à doses croissantes, jusqu'au moment où la mue desséchée est rejetée dans le cocon (5ᵉ jour). Les liquides de la chrysalide agissent activement sur les plantes en expérience jusqu'au septième jour; puis de plus en plus modérément jusqu'à l'éclosion. L'adulte en contient encore, mais très peu.

Les déjections nous ont donné à toute époque des incurvations constantes, les plus intenses que nous ayons enregistrées.

Il résulte de ses expériences que :

1° l'œuf fécondé de *Bombyx mori L.* et les premiers stades de segmentation ne contiennent pas de substances fonctionnant comme les auxines végétales;

2° ces substances apparaissent dans l'embryon, en quantité très faible, à un stade qui précède l'éclosion; qu'elles persistent en quantité très appréciable durant l'existence larvaire de l'insecte, sauf aux courtes périodes de crise qui caractérisent les mues;

3° les quantités maxima d'auxine se rencontrent aux époques où la larve s'alimente d'une manière intense et que les excréments en contiennent beaucoup;

4° elles disparaissent au moment où la larve s'enferme dans le cocon;

5° les auxines réapparaissent en quantité appréciable dans la chrysalide au moment où la plupart des tissus larvaires histolysés sont transformés en bouillie, puis diminuent assez vite au cours des remaniements aboutissant à l'insecte parfait.

L'ensemble de ces résultats nous amène à penser que les substances fonctionnant comme les auxines végétales, décelées chez *Bombyx mori*, auraient peut-être une double origine. Leur présence avant l'éclosion semble indiquer qu'elles ont *pro parte* une origine endogène et qu'elles peuvent se former aux dépens des matériaux de l'œuf. Il est remarquable

que, dans la chrysalide, on trouve des faits du même ordre : pas d'auxines au début de la nymphose, à la fin de la période de mise en réserve; apparition de celles-ci à mesure que l'histolyse progresse.

Mais la présence de grandes quantités d'auxines dans les tissus et dans les excréments de la larve, au moment où elle se nourrit le plus activement, milite en faveur d'un apport exogène. De plus, la teneur extrêmement faible en matières actives des vers qui vont muer et qui jeûnent, semble renforcer la présomption de l'origine alimentaire d'une part importante de ces substances. Or nos expériences antérieures sur l'influence du jeûne chez le têtard de Discoglosse paraissent démontrer que ce Batracien, privé de nourriture, s'appauvrit de plus en plus en auxines et qu'au bout d'un certain nombre de jours il en est totalement dépourvu. On peut supposer, à titre d'hypothèse de travail, que les mêmes faits se déroulent chez le Ver à soie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la réversibilité de la dénaturation et de la coagulation de la méthémoglobine.* Note de MM. **Jean Roche** et **René Combette**, transmise par M. Gabriel Bertrand.

Les protéines subissent, avant d'être coaguléees sous l'action d'agents physiques ou chimiques, une transformation se traduisant, entre autres, par une diminution de leur solubilité et à laquelle on donne le nom de dénaturation. Ce phénomène, de même que la coagulation, a pendant longtemps été considéré comme irréversible. Mais, depuis 1925, Anson et Mirski se sont efforcés de démontrer qu'il n'en est pas ainsi, les protéines dénaturées ou coagulées pouvant repasser à l'état naturel par un processus appelé réversion. Avant d'adopter sans réserve l'opinion de ces auteurs, il nous a paru que les tests invoqués pour affirmer l'identité des protéines naturelles et des produits de réversion devaient être complétés par d'autres, tirés de l'étude quantitative des caractères physicochimiques des mêmes corps. Nous avons poursuivi des recherches dans ce but sur la méthémoglobine, protéine apte à subir sans difficulté la dénaturation, la coagulation et la réversion de celles-ci.

L'objet de nos expériences a été la comparaison de la pression osmotique et du poids moléculaire que présentent d'une part le pigment naturel pur et, d'autre part, le même produit étudié après réversion soit de sa dénaturation par le salicylate de sodium, soit de sa coagulation par l'acide trichlor-

acétique. Au cours de ces divers processus les micelles de méthémoglobine subissent d'importantes modifications dans leur taille et dans leur état; nos recherches doivent permettre d'établir si celles-ci sont ou non entièrement réversibles.

Les méthodes employées pour préparer les corps étudiés sont, à de minimes différences près, celles décrites par M. L. Anson et A. E. Mirsky ([1]), à savoir : la méthémoglobinisation du pigment sanguin par le ferricyanure de potassium, la réversion de sa dénaturation par le salicylate de sodium au moyen de la dialyse prolongée et celle de sa coagulation en milieu trichloracétique par neutralisation progressive. Nous avons déterminé par la méthode de G. S. Adair ([2]) la pression osmotique des solutions en équilibre à 0° avec des solutions tampon de phosphates alcalins $m/15$ (Sörensen) de pH — 7,38 et calculé à partir de celle-ci le poids moléculaire des méthémoglobines. Quelques-uns des résultats obtenus ont été rassemblés dans le tableau ci-dessous, où C indique la concentration en protéine des solutions (gramme pour 100^{cm^3}), p la pression osmotique de la solution (millimètre de Hg), $\pi = p/C$, la pression osmotique par unité de concentration et M/Φ le poids moléculaire calculé au facteur $\Phi = \pi/\pi_0$ près (poids moléculaire apparent) ([3]).

Méthémoglobine de bœuf.	C.	p.	π.	M/Φ.
Naturelle	1,83	4,77	2,61	65 200
	2,01	5,35	2,66	64 000
	2,31	6,34	2,74	63 300
	3,12	8,38	2,69	63 000
	4,10	11,40	2,78	61 900
	4,58	12,02	2,62	65 000
Réversée après action du salicylate	0,91	2,34	2,57	66 200
	0,96	2,48	2,53	67 300
	1,28	3,31	2,58	66 000
	1,68	4,26	2,54	67 000
	2,56	6,41	2,50	68 100
	2,94	6,91	2,36	72 100
Réversée après action de l'acide trichloracétique.	0,91	2,24	2,40	71 400
	1,29	3,20	2,48	68 600
	1,55	4,00	2,57	66 200
	2,43	5,83	2,40	70 900
	2,62	5,66	2,10	78 800
	4,10	9,20	2,25	75 750

([1]) *Journ. gen. Physiol.*, **13**, 1930, p. 477-481, et **17**, 1934, p. 399-408.

([2]) *Proc. Roy. Soc.* A, **108**, 1925, p. 627-637, et **120**, 1928, p. 573-603.

([3]) $\Phi = \pi/\pi_0$, π_0 étant la valeur de π lorsque $C = 0$. Φ étant légèrement inférieur à l'unité dans les solutions des produits réversés, le calcul de M (poids moléculaire réel) est théoriquement incorrect. Dans le cas du pigment naturel, Φ étant supérieur alors à 1, M est plus grand que M/Φ ($M = 66000$ suivant Adair, Svedberg).

L'ensemble de nos résultats (32 mesures) a permis de constater les faits suivants :

1° A égalité de concentration en protéine des solutions, le poids moléculaire (M/Φ) de la méthémoglobine naturelle est sensiblement inférieur à celui des produits de réversion de sa dénaturation ou de sa coagulation, ce qui va de pair avec la pression osmotique par unité de concentration (π) plus élevée du premier corps.

2° Alors que la valeur de π augmente légèrement en fonction de la concentration en méthémoglobine naturelle, elle présente une tendance plus ou moins marquée à décroître dans les solutions des produits réversés, ce qui doit être attribué à la présence dans celles-ci d'agrégats ou de polymères en proportion d'autant plus grande que le milieu est plus riche en protéine.

Il découle de ces observations que, si les divers produits de réversion possèdent certains caractères identiques à ceux de la méthémoglobine naturelle (Anson et Mirsky), les uns et les autres présentent des différences nettes dans leur état physique. Aussi la dénaturation et la coagulation de la méthémoglobine étudiées ne nous apparaissent-elles pas comme des processus à tous égards entièrement réversibles, ni les divers agents qui les provoquent comme équivalents.

MICROBIOLOGIE. — *Chromorésistance et enrobage phosphocalcique des microbes chauffés dans le lait.* Note de M. **Gustave Guittonneau** et Mlle **Marie Bejambes**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

On a défini (¹) une chromorésistance relative conférée à certains microbes par un chauffage énergique dans du lait cru de vache. Nous avons recherché de nouvelles précisions sur cet intéressant phénomène en limitant le champ de nos observations à un seul ferment lactique : le *Streptococcus thermophilus* (O. Jensen) et à un seul colorant : le bleu de méthylène.

Rappelons que les streptocoques envisagés, mis en suspension dans du lait écrémé cru, puis chauffés pendant au moins une heure à 100° et examinés sur frottis traités au bleu de méthylène, ne donnent plus, comme avant le chauffage, des images fortement colorées mais apparaissent en clair sur le fond teinté des tableaux microscopiques (images blanches).

Nous avons reconnu que l'aptitude des streptocoques à donner des

(¹) G. Guittonneau et Mlle J. Brigando, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 622.

images blanches n'est en rien diminuée par le fait que les corps microbiens ont préalablement subi le contact, même prolongé, de solutions de carbonate de sodium à 8 pour 100, de soude à 4 pour 100 ou d'ammoniaque à 4 pour 100. Cette remarque a autorisé deux intéressantes améliorations de notre technique de recherche : *a*. en dissolvant par le carbonate de sodium le coagulum formé dans les cultures sur lait écrémé, on libère les streptocoques qu'il emprisonnait et ceux-ci sont ensuite facilement rassemblés par centrifugation en quantité aussi grande qu'on le désire; *b*. une série de lavages par centrifugation, au carbonate de sodium puis à l'eau, permet de débarrasser aussi complètement que possible les corps microbiens de tout résidu caséinatique provenant des cultures. Ainsi se trouvent éclaircis les résultats des observations ultérieures où seuls doivent être pris en considération les éléments de la décomposition thermique du lait cru dans lequel s'effectuent les chauffages d'épreuve.

Des streptocoques rendus chromorésistants par la méthode habituelle, puis séparés par centrifugation du lait dans lequel on les a chauffés et remis en suspension dans du lait cru pour l'examen microscopique donnent toujours des images blanches. Examinés dans les mêmes conditions, les streptocoques non chauffés donnent, comme on le sait, des images bleu foncé. Or, dans les deux cas, le fond des préparations reste rigoureusement semblable à lui-même (extrait sec du lait cru) et la différence observée dans la teinte des images ne peut être expliquée que par une modification propre de la cellule microbienne apparue au cours du chauffage.

On pense tout naturellement que cette modification peut consister en un simple revêtement protecteur de nature caséinatique, phosphatique ou caséinophosphatique. En effet, il a été antérieurement démontré qu'on obtient des images blanches par chauffage des cellules dans une pseudo-solution à pH 6,7 du complexe caséinate de calcium + phosphate de calcium [2].

Or, soumis à l'action d'une solution de soude ou d'ammoniaque à 4 pour 100 qui dissout les caséinates, les streptocoques ne perdent pas la chromorésistance qu'ils ont acquise par un chauffage préalable dans le lait.

Mais si, après ce traitement alcalin suivi de lavages par centrifugation, on met les corps microbiens en suspension dans de l'eau distillée où on fait barbotter CO^2, on constate qu'après un certain temps (demi-heure environ), les streptocoques ont cessé d'être chromorésistants. Dans le liquide où a eu lieu le barbottage, il devient alors possible de mettre en évi-

---

(2) *Comptes rendus*, *loc. cit.*, p. 1624.

dence la présence de P et de Ca solubilisés à l'état minéral. Le rapport Ca/P des éléments ainsi dissous est très voisin de 2. [Pour $(PO^4)^2Ca^3$, Ca/P = 1,935]. La cessation de la chromorésistance et la solubilisation des phosphates sont donc deux phénomènes concomitants. Cette donnée expérimentale établit une forte présomption en faveur de l'idée que la chromorésistance est due à un enrobage phosphocalcique des cellules microbiennes.

La présomption a été confirmée par les observations suivantes : des préparations de microbes chromorésistants d'une part, et, d'autre part, de microbes non chromorésistants (non chauffés dans le lait) ou ayant perdu leur chromorésistance (traités par CO^2) ont été débarrassées de toute trace de caséine par l'ammoniaque, puis soumises à l'action d'une solution de nitrate d'argent à 5 pour 100. Sur les premières seulement, les streptocoques sont apparus colorés en jaune brunâtre et cela s'explique par la formation de phosphate triargentique aux dépens du phosphate calcique recouvrant les cellules chromorésistantes.

L'enrobage phosphatique adhère d'ailleurs fortement à la surface des cellules microbiennes car il n'est pas endommagé par un barbottage énergique et prolongé d'air comprimé dans la suspension des streptocoques enrobés. Mais sa formation n'altère pas la membrane des microorganismes puisqu'il est possible de rendre à nouveau chromorésistants, par chauffage dans le lait, des microbes dont un premier enrobage avait été dissous par l'action de CO^2.

Conclusion. — Synthétisant tous les faits mis en évidence dans ce travail et dans le précédent, on peut dire que les phosphates qui tendent à se séparer du lait cru au cours du chauffage se fixent à la surface de certaines cellules microbiennes en un revêtement protecteur qui détermine leur chromorésistance.

PROTISTOLOGIE. — *Les Zooxanthelles sont des Dinoflagellés.* Note [1] de M. Raymond Hovasse, présentée par M. Charles Pérez.

Tantôt en collaboration avec G. Teissier, tantôt seul, j'ai insisté, en 1922 et 1923 sur ce fait que beaucoup de Zooxanthelles présentent des caractères nucléaires de Péridiniens, et s'écartent ainsi nettement du groupe des Cryptomonadines, dans lequel les range la systématique classique. Celle-ci s'appuie sur des observations de Schaudinn (1906), confirmées principale-

[1] Séance du 15 novembre 1937.

ment par celles de Winter (1907), et d'où il découle que, chez certains Foraminifères, les Xanthelles peuvent se transformer en *Cryptomonas* typiques.

Cette divergence d'opinions pourrait s'expliquer si les Xanthelles forment un groupe hétérogène, certaines s'apparentant aux Cryptomonades, d'autres aux Dinoflagellés. Depuis 1923, j'ai donc étudié toutes les Xanthelles que j'ai pu rencontrer, puis cherché à en obtenir l'essaimage. J'ai observé ainsi des cellules jaunes de Vorticelles, de Radiolaires (*Collozoum*, *Sphærozoum*), de Foraminifères (Glogigérines, *Peneropolis* ou formes voisines), de Cœlentérés nombreux et variés (principalement Hydraires et Actinies), de Turbellariés (*Convoluta convoluta*). Si j'excepte pour l'instant ce dernier type, partout ailleurs la structure nucléaire des Xanthelles est conforme à celle reconnue précédemment, et jamais, quelles qu'aient été les conditions de milieu auxquelles j'ai soumis ces symbiotes, je ne suis parvenu à en obtenir de formes flagellées.

A. Naville (1926), et récemment C. Rousseau (1935), qui tous deux ont étudié les Xanthelles d'*Heliactis bellis*, ou des Éolidiens qui s'en nourrissent, ont reconnu la nature péridinienne de leur noyau. C'est également la conclusion que l'on doit tirer des travaux issus de la *Great Barrier Reef Expedition* : les Xanthelles sont particulièrement fréquentes chez les formes des récifs; qu'il s'agisse de celles des polypiers, ou de celles des Tridacnes, toutes celles que figurent Yonge (1931), Yonge et Nicholls (1936), ont des noyaux typiques de Péridiniens, et se refusent à essaimer.

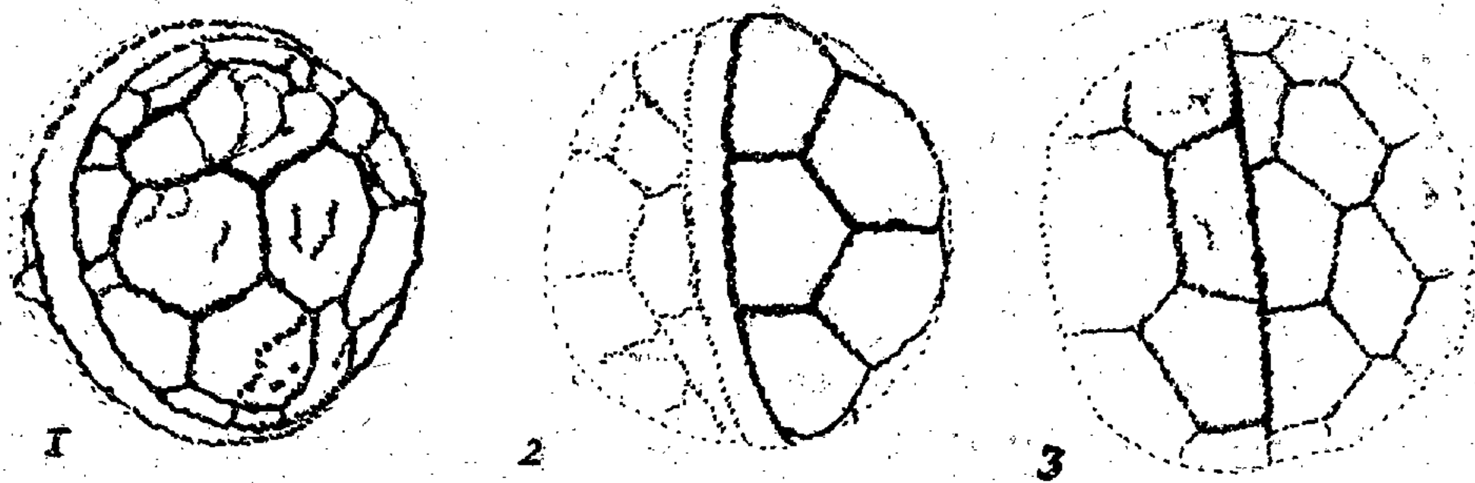
Je puis donc affirmer aujourd'hui que le groupe des Xanthelles est, en gros, homogène, et présente des affinités péridiniennes indéniables.

L'exception relevée plus haut des cellules jaunes de *Convoluta convoluta*, n'infirme pas cette règle. En effet, si leur noyau, par sa chromatine périphérique en plaques denses, s'écarte d'un dinocaryon, le fait qu'il n'a pas non plus de caryosome l'écarte tout aussi bien des Cryptomonades. D'autre part, cette cellule, très déformable, présente une allure générale absolument différente de celle des autres Xanthelles, avec lesquelles elle n'a de commun que son mode de vie et sa couleur. Peut-être y a-t-il d'autres Xanthelles de ce type, mais leur fréquence est certainement très faible par rapport au type habituel.

J'en arrive ainsi à penser que l'opinion de Schaudinn repose sur une confusion. Outre la différence considérable qui existe entre un noyau de *Cryptomonas* et un dinocaryon, il faut remarquer que les formes flagellées décrites par Winter possèdent un chromatophore massif (simple ou double), très différent de celui, réticulé, qu'il figure chez les Xanthelles

avant l'essaimage : il y a là deux formes distinctes, qui ne paraissent pas pouvoir dériver l'une de l'autre.

Mais, si les Zooxanthelles sont bien des Péridiniens, on doit pouvoir, en l'absence de formes flagellées, le démontrer autrement que par l'examen des noyaux. Les caractères morphologiques des Dinoflagellés se sont en effet accrus récemment, grâce aux travaux de E. Chatton et de ses collaborateurs, d'une nouvelle unité. L'imprégnation argentique de ces formes montre en effet que leur surface présente tantôt un réseau argentophile



Zooxanthelles d'*Heliactis bellis*. Imprégnation argentique, méthode Chatton-Lwoff. Individus comprimés L'intervalle entre les deux calottes, très net en (1) et (2), est souvent inexistant (3), et n'apparaît donc pas comme un sillon. × 3000.

(Gymnodiniens), tantôt une tabulation, qui peut être, soit identique à celle que l'on voit sur le vif (Péridiniens vrais) soit parfaitement invisible *in vivo*, même après coloration du test, *Cryptoperidinium* (B. Biecheler), *Oodinium* et *Protoodinium* (R. Hovasse). Dans ces derniers cas, il paraît s'agir de tabulations régressées : celle d'*Oodinium Poucheti* n'apparaît même que chez les individus adultes.

J'ai donc tenté l'imprégnation des Xanthelles à l'argent, sans succès tout d'abord. Mais cette année, à Roscoff, j'ai fini par obtenir l'image parfaitement caractéristique d'une tabulation (*fig.* 1, 2 et 3). On reconnaît l'existence de deux valves à grandes plaques, parfois très inégalement imprégnées (*fig.* 2). D'autres fois, l'argent ne signale qu'un cercle méridien, indice possible d'une division. Il n'y a jamais de sillons nets, ce qui mène à classer vraisemblablement ces Xanthelles dans le groupe des *Adinida*, là même où, dès 1883, les avait rangées Brandt, au voisinage de *Exuviella marina*

Quant aux résultats négatifs de l'imprégnation, ils paraissent s'expliquer par des différences d'âge entre Xanthelles. Je n'ai jamais pu obtenir la tabulation sur des Xanthelles d'Actinies fraîchement récoltées, et dont les divisions sont fréquentes. On l'observe par contre sur celles d'Actinies qui

sont demeurées longtemps en aquarium peu éclairé, et dont les divisions ont complètement cessé. Comme chez *Oodinium Poucheti*, la tabulation ne doit apparaître que tard dans la vie cellulaire, et n'apparaît plus ici quand, par suite de conditions de milieu favorables, celle-ci est brève.

Ainsi donc, en plus de leurs caractères nucléaires de Dinoflagellés, les Zooxanthelles peuvent posséder une tabulation de Péridiniens cuirassés, bien reconnaissable, malgré des signes certains de régression.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Sur le 4-nitro-4'-amino-diphénylsulfoxyde et son action dans la toxi-infection expérimentale de la Souris.* Note (¹) de MM. **Constantin Levaditi**, **André Girard**, **Aron Vaisman**, **André Ray** et **Guy Richard**, présentée par M. Richard Fosse.

Dans une Note préliminaire, nous avons fait connaître (²) que les dérivés du diphénylsulfoxyde, possédant en position para un groupement substituant NO^2, NH^2, $NHCOCH^3$ ou même OH, montraient une haute activité thérapeutique à l'égard de l'infection gonococcique de la Souris.

Le mode opératoire utilisé fut celui découvert par Levaditi et Vaismann (³), qui consiste à inoculer dans le péritoine des animaux des gonocoques de culture, mélangés à de la mucine. On provoque ainsi une péritonite, accompagnée souvent d'infection généralisée, à laquelle les animaux succombent dans la proportion de 90 à 100 pour 100, dans un délai maximum de 48 heures.

La méthode a été appliquée systématiquement à l'étude des principaux termes de toutes les familles de composés aromatiques sulfurés, connus pour leur pouvoir antimicrobien.

Cette étude d'ensemble, portant sur 75 composés chimiques différents, a donné les indications générales suivantes :

1° L'action antigonococcique ne va pas de pair avec le pouvoir antistreptococcique. Alors que ce dernier est surtout remarquable dans les familles des sulfones et des sulfamides, l'action sur l'infection gonococcique atteint sa valeur maxima dans le groupe des sulfoxydes.

2° Tandis que l'activité antistreptococcique des amino-sulfamides est exaltée par leur transformation en azoïques, l'activité de ces derniers disparaît ou diminue manifestement, dans le cas de l'infection gonococcique.

(¹) Séance du 8 novembre 1937.

(²) Girard, Ray et Richard, *Nature*, **140**, 1937, p. 283.

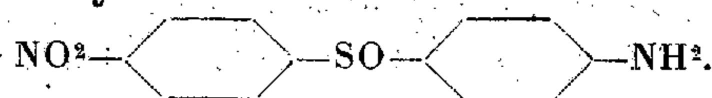
(³) Levaditi et Vaismann, *Presse médicale*, **45**, 1937, p. 1371.

3° Les substitutions, en dehors de la position para, affaiblissent ou annulent le pouvoir curateur, et ceci est particulièrement vrai pour les groupes acides — COOH, — SO^3H.

4° L'action défavorable de ces derniers est telle qu'ils annulent l'action thérapeutique, même lorsqu'ils sont inclus dans un radical acidyle fixé sur le groupe aminé. Les sulfoxydes succinylaminés sont inactifs.

L'acide 4-nitrophénylsulfinique, dont l'activité est bonne, fait exception à cette règle, ce qui suggère l'hypothèse que ce corps subit dans l'organisme des transformations telles, qu'il engendre des composés dépourvus de caractère acide.

La plus haute activité antigonococcique a été constatée chez le 4-nitro-4'-amino-diphénylsulfoxyde



Ce corps se prépare par action de l'eau oxygénée à 30 pour 100 sur une solution acétique chaude du nitro-amino-diphényl-sulfure ou mieux de son dérivé acétylé. A l'inverse de la sulfone et du sulfure correspondants, le sulfoxyde est soluble dans les acides minéraux dilués, et cette propriété est mise à profit pour sa purification. C'est un corps jaune citron, peu soluble dans l'alcool froid, le benzène et l'éther, très soluble dans l'acétone, presque insoluble dans l'eau, et fondant à 132°.

Administré *per os* à la Souris, il est bien toléré à la dose de 10^{mg} pour 20^g de poids.

Sur les animaux infectés, il permet, à la dose unique de 5^{mg}, la survie indéfinie de tous les animaux.

A la dose unique de 1^{mg}, on observe 80 à 90 pour 100 de survie, et l'autopsie des animaux qui meurent montre que, presque toujours, la cavité péritonéale est stérile; les souris succombant à la résorption du reste, non neutralisé de l'endotoxine gonococcique.

A la dose de $1/10^e$ de milligramme, une fois répétée, on observe encore 40 pour 100 de survie.

Il était intéressant de comparer, dans une même expérience, l'activité du nitro-amino-diphényl-sulfoxyde à celle de l'amino-benzène-sulfamide, substance dont Fourneau et Tréfouël ([4]) découvrirent l'activité antistreptococcique, et introduite récemment dans la thérapeutique de la blennorrhagie par Dees et Colston ([5]).

([4]) Fourneau, Tréfouël, Nitti et Bovet, *C. R. de la Soc. de Biol.*, **122**, 1936, p. 258.
([5]) *Journ. American Med. Assoc.*, **108**, 1937, p. 1855.

Des essais comparatifs, effectués simultanément sur de grandes séries d'animaux ([6]), montrèrent que le 4-nitro-4'-amino-diphényl-sulfoxyde est de 50 à 100 fois plus actif que l'amino-phényl-sulfamide, en donnant à cette expression ce sens précis, qu'aux doses éloignées de l'activité maxima, des résultats égaux sont obtenus avec des doses, qui sont, entre elles, dans le rapport de 1 à 50 ou 100.

Toute modification apportée à la constitution du nitro-amino-diphényl-sulfoxyde diminue grandement son activité curative. En première approximation nous dirons que : le dérivé nitro-acétylaminé est 10 à 20 fois moins actif; le dérivé N-méthylé est 4 à 5 fois moins actif; le dérivé N-benzylé est 5 à 8 fois moins actif; le dérivé N-diméthylé est 10 à 15 fois moins actif; le dérivé amino-acétylaminé 15 fois moins actif; le dérivé diacétylaminé 10 fois moins actif; le dérivé diaminé est 5 fois moins actif, etc.

Il nous paraît intéressant de signaler que, dans la série des sulfones, où l'activité antistreptococcique est grande, le terme qui représente le summum de cette activité est également le dérivé nitro-aminé, la 4-nitro-4'-amino-diphényl-sulfone ([7]). Il n'est pas interdit de penser que cette structure dissymétrique favorise la production par l'organisme animal de la véritable substance active, sans doute, par l'interaction des deux groupements chimiques, sous l'influence des processus d'oxydo-réduction.

En résumé, l'action curative du 4-nitro-4'-amino-diphényl-sulfoxyde sur la toxi-infection gonococcique de la Souris, est comparable à l'action des arsénobenzènes dans les spirilloses expérimentales, au double point de vue de la rapidité d'action et de la grandeur de l'effet thérapeutique.

M. **E. G. Krickl** adresse un Mémoire intitulé *Les rapports entre la grêle et les dommages causés par la grêle en Bohême.*

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

A. Lx.

([6]) Levaditi, Girard et Vaismann, *Soc. de Dermatol.*, séance du 4 novembre 1937.

([7]) Ce corps a été cité par M. Fourneau, M. et Mme Tréfouël, MM. Nitti et Bovet (*Bulletin de l'Académie de Médecine*, **118**, n° 29, 1937, p. 117), qui font surtout mention de sa toxicité.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 NOVEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **George-Albert Boulenger**, de Bruxelles, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie depuis 1916.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le tome XIV, 2e série, des *Œuvres complètes d'*Augustin Cauchy, publiées sous la direction scientifique de l'Académie des Sciences et sous les auspices de M. le Ministre de l'Éducation Nationale.

GÉOLOGIE. — *Les anomalies de structure et de composition de phosphates albiens du Bassin de Paris et les enseignements qui en découlent.* Note de M. **Lucien Cayeux**.

L'analyse des phosphates albiens du Bassin de Paris fournit de nombreux exemples de nodules qui ont été fissurés et remaniés sous la mer. Par exception, les solutions de continuité, susceptibles de mesurer jusqu'à 3mm d'ouverture, sont restées béantes (Boulonnais). En général, elles sont oblitérées, soit par des minéraux tels que calcite, pyrite et glauconie, soit par une matière représentant à elle seule tout un sédiment. Ces différences tiennent uniquement à la largeur des fractures. Sont-elles très étroites, on n'y observe que des minéraux, au premier rang desquels vient la glauconie représentée par de nombreuses veinules, simples ou ramifiées. Lorsqu'elles acquièrent une certaine ampleur, le remplissage est toujours un sédiment phosphaté, dont la comparaison avec la matière même du nodule est des

plus instructives. Les trois assises de l'Albien du Bassin de Paris fournissent d'excellents exemples de ces manières d'être des nodules. En voici quelques-unes, choisies parmi les plus intéressantes :

1° Un rognon de l'assise à *D. mamillare* de La Hève, sectionné par le milieu, montre un réseau de larges mailles polygonales, définies par de gros traits qui s'entrecroisent avec une épaisseur dépassant à peine $0^{mm},5$. Au microscope, ces traits sont formés de phosphate de chaux, à l'exclusion généralement totale des grains de glauconie qui abondent dans le nodule, et des grains de quartz les plus volumineux. En revanche, on y observe des Foraminifères, d'une fréquence beaucoup plus grande que dans le rognon. Sur le bord de ces bandelettes, des grains de glauconie des nodules sont tranchés comme à l'emporte-pièce, sans qu'on puisse retrouver les parties manquantes. Une pareille constitution évoque l'idée de deux phosphates très dissemblables et absolument indépendants l'un de l'autre, correspondant à deux générations successives, engendrées sur des fonds différents.

2° Des nodules à *H. interruptus* du Boulonnais, constitués par un phosphate, pauvre ou très pauvre en glauconie, renfermant une faible proportion de quartz et seulement quelques Foraminifères, sont traversés par d'anciennes crevasses, dont le remplissage est riche en glauconie, au point que ce minéral peut l'emporter. A la glauconie s'ajoutent de nombreux grains de quartz et des Foraminifères beaucoup plus répandus que dans les nodules. Entre les deux phosphates en présence, le contact est aussi net que leurs lignes de démarcation sont franches. Ici comme là, on passe sans transition du remplissage des fissures au phosphate des nodules.

3° Des rognons de la base de la gaize à *Sch. inflata* de l'Argonne révèlent des faits analogues, et non moins décisifs. Tel d'entre eux montre des fentes oblitérées par du phosphate très glauconieux, alors qu'il est lui-même très pauvre en glauconie. Tel autre permet d'observer le contraire, avec des fentes remplies d'un phosphate très pur, non glauconieux, affectant un phosphate comptant de nombreux éléments de glauconie.

Dans tous les cas observés, il y a pour ainsi dire interpénétration de deux phosphates différents, lesquels sont séparés comme deux roches étrangères l'une à l'autre. C'est l'évidence même, qu'une fois formés, les nodules en cause ont subi un phénomène de retrait, assez marqué pour créer un système de larges fissures. Et, point capital, le réseau de fentes a été rempli à un moment donné par un véritable sédiment, différent de celui des nodules, au double point de vue minéralogique et organique. De là découle une série d'enseignements :

1° La fissuration est un phénomène sous-marin.

2° La consolidation des rognons était déjà très avancée lorsque la contraction s'est produite, puisque des grains de glauconie, au lieu d'être détachés de la roche, ont été tranchés par les plans de fracture. Le fait que les bords des fentes ont des angles extrêmement vifs plaide dans le même sens.

3° Aux deux générations de phosphates qui caractérisent l'histoire de pareils nodules, correspondent deux milieux générateurs bien distincts, ce que l'on peut traduire en disant que ces nodules ont été remaniés et entraînés sur des fonds, très différents de ceux qui leur ont donné naissance.

4° En général, le déplacement s'est effectué vers le large, conclusion imposée par la raréfaction et la taille plus petite des minéraux, par la multiplication des Foraminifères, etc. Un enseignement diamétralement opposé se dégage pour des nodules beaucoup moins répandus. Tout se passe, en conséquence, comme si les vides avaient été remplis, tantôt, du côté du large, et tantôt dans la direction du rivage. Les deux manières d'être coexistent dans les matériaux d'un seul et même gisement, et jamais dans un nodule donné.

Il s'ensuit que les nodules en question ne sont plus dans leur gisement primitif et qu'ils ont subi un remaniement sous-marin de grande amplitude. Pour tout dire, ce n'est là qu'un des épisodes d'une histoire très complexe, laquelle trahit de multiples remises en mouvement et l'intervention de courants de fond, auxquels est dévolu un rôle très important en l'espèce.

Tout bien pesé, les concentrations de nodules phosphatés de l'Albien du Bassin de Paris sont assimilables à des bancs de conglomérats, engendrés en l'absence de toute intervention de la terre ferme, et c'est comme tels qu'il faut les considérer pour en donner une interprétation correcte, et se faire une idée exacte des conditions bathymétriques du milieu générateur. En réalité, les éléments de ces conglomérats jouent le rôle de galets et ne sont pas des concrétions à proprement parler.

Il n'est pas inutile de constater une fois de plus que le régime des mers anciennes est loin d'être calqué sur celui des mers actuelles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles propriétés de certaines équations où figurent des valeurs principales d'intégrales.* Note [1] de M. **Georges Giraud**.

Une Note récente [2] énonçait certaines propriétés d'équations intégrales

$$u(X) - \lambda \int_{\mathcal{V}}^{(m)} F(X, A) u(A) \, dV_A = f(X),$$

où l'intégrale doit être prise en valeur principale, car le noyau F n'est pas nécessairement sommable, bien que le produit de ce noyau par la puissance m de la distance $L(X, A)$ entre les deux points, soit infiniment petit avec cette distance. Deux résultats principaux étaient annoncés :

1° Dans le cas le plus général considéré dans cette Note, l'équation admet une solution et une seule dès que $|\lambda|$ est assez petit.

2° Moyennant certaines restrictions dans les hypothèses, il existe un noyau résolvant $N(X, \Xi; \lambda)$, méromorphe dans tout le plan de la variable complexe λ, avec des pôles indépendants des deux points X et Ξ, et des théorèmes semblables à ceux de Fredholm s'appliquent pour toute valeur de λ.

Or les restrictions alors énoncées sont inutiles : $N(X, \Xi; \lambda)$ *jouit de ces propriétés dans le cas le plus général considéré dans la Note citée, et cela entraîne les théorèmes semblables à ceux de Fredholm.* Indiquons comment peuvent être choisies les fonctions ω^* et h^* qui peuvent remplacer respectivement ω et h dans les conditions (1) à (8) de la Note citée, où F est remplacé par N. En choisissant deux nombres μ et ν tels qu'on ait $\mu > 1 > \nu > 0$, et en augmentant au besoin ω et h, nous remplissons les conditions suivantes : $\omega(t)/t$ est décroissant et $\geqq 1$, quel que soit t; $\omega(t)(\mu - \log t)^{\mu}$ est décroissant dans le champ $0 < t < 1$, et $\omega(t)(\mu - \log t)^{\nu}$ est croissant dans le même champ; enfin $h(t) \log(4R/t)$ est décroissant et $\geqq 1$ dans le champ $0 < t < 2R$. Alors ω^* et h^* doivent avoir les propriétés respectives imposées à ω et à h, et les quotients ω^*/ω et h^*/h doivent être décroissants, non bornés et au moins égaux à *un*.

---

(1) Séance du 22 novembre 1937.

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 765 à 768. Prière de s'y reporter pour les notations.

Dans le cas considéré dans le paragraphe 3 de la Note citée, si l'on a fait en sorte que $\omega(t)(\mu - \log t)^{\mu}$ et $h(2Rt)(\mu - \log t)^{\mu-1}$ soient décroissants pour $t < e^{\mu}(\mu > 2)$, les conditions (1) à (8) sont remplies à condition d'y remplacer $\omega(x)$ par la plus grande des fonctions

$$\omega_1(x) = \int_0^x \frac{\omega(t)}{t}\,dt \quad \text{et} \quad h(2Rx),$$

et $h(x)$ par $\log^{-1}(4R/x)$. La Note citée supposait implicitement

$$\omega_1(x) \geqq h(2Rx).$$

M. ÉMILE BOREL s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie, au nom de notre confrère M. VITO VOLTERRA, d'un Ouvrage qu'il vient de publier, en collaboration avec M. BOHUSLAV HOSTINSKÝ, professeur à l'Université Mazaryk, dans la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions*, dont la maison Gauthier-Villars m'a confié la direction.

Dans cet Ouvrage, *Opérations infinitésimales linéaires, applications aux équations différentielles et fonctionnelles*, les auteurs ont recueilli leurs études sur les *substitutions* ou les *matrices* en les coordonnant avec les travaux les plus récents.

CORRESPONDANCE.

M. CLAUDE CHARMETANT adresse un *Rapport* relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1936.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Mélanges entomologiques*, 6e fascicule, par HENRI GADEAU DE KERVILLE.

2° *Contribution à l'étude des poissons des eaux tonkinoises*, par P. CHEVEY et J. LEMASSON.

ALGÈBRE. — *Le nombre des surcorps d'un degré donné d'un corps de nombres* $\mathfrak{p}$*-adiques*. Note (¹) de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Un corps k de nombres $\mathfrak{p}$-adiques étant donné, on peut prouver facilement que le nombre $S(k; n)$ des surcorps K de k d'un degré donné n est *fini*. Les résultats d'un travail de l'auteur, actuellement sous presse, permettent de calculer ce nombre, ainsi que d'autres constantes analogues. Le but de la présente Note est d'indiquer certaines de ces constantes.

Soit $D = \{f, h; l_0, l_1, \ldots, l_{m-1}; v_0, v_1, \ldots, v_{m-1}\}$ un système de nombres réels positifs (où m est un entier non négatif; si $m = 0$, D a la forme $\{f, h\}$), p étant un nombre premier et e_0, n étant deux entiers positifs, le système D sera dit *du type* $(p; e_0, n)$ si : 1° f, h et les l_i $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$ sont des entiers positifs; 2° les v_i $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$ sont des fractions rationnelles positives telles que $v_0 < v_1 < \ldots < v_{m-1} < +\infty$; 3° h est premier à p; 4° pour tout $i = 0, 1, \ldots, m-1$, $(p^{l_i} - 1)v_i$ est entier; 5° c désignant la somme de tous les l_i $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$, $n = fhp^c$; 6° c_i étant le nombre $l_0 + l_1 + \ldots + l_{i-1}$ $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$, $v_i \leq e_0 hp^{c_i+1} : (p-1)$ $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$; 7° si $v_i \equiv 0 \pmod{p}$, $l_i = 1$ et $v_i = e_0 hp^{c_i+1} : (p-1)$. Il n'existe qu'un nombre fini des systèmes d'un type $(p; e_0, n)$ donné : en effet les nombres f, h, les l_i $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$ et les dénominateurs des v_i $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$ sont bornés en fonction de n; et les v_i $(i = 0, 1, \ldots, m-1)$ sont bornés en fonction des e_0 et n.

Soient k un corps de nombres $\mathfrak{p}$-adiques, $\mathfrak{p}$ son idéal premier, p le premier rationnel que divise $\mathfrak{p}$, f_0, e_0 le degré et l'ordre absolus de $\mathfrak{p}$ dans k. Soit, d'autre part, K un surcorps d'un degré fini n de k, et soient $\mathfrak{P}$ l'idéal premier de K, f et $e = hp^j$, où h est premier à p, le degré et l'ordre de $\mathfrak{p}$ dans K/k. Soient (²) $v_0, v_1, \ldots, v_{m-1}, v_m = +\infty$ les nombres de ramification (positifs) de K/k, et soient $\overset{(0)}{V}, \overset{(1)}{V}, \ldots, \overset{(m-1)}{V}, \overset{(m)}{V} = 1_k$ (où 1_k désigne l'isomorphisme identique de K) les ensembles de ramification de K/k correspondants. Soit n_q $(q = 0, 1, \ldots, m)$ le nombre d'éléments

(¹) Séance du 22 novembre 1937.

(²) En ce qui concerne les définitions des nombres et des ensembles de ramification, je suis dans la présente Note les conventions de ma Note des *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 772, et non celles, un peu différentes, de ma Note des *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1813.

de $\overset{(q)}{V}$, et soit $r_q = n_q : n_{q+1} (q = 0, 1, \ldots, m-1)$. Posons $l_q = \log_p r_q$, où $\log_p x$ désigne la détermination réelle du logarithme à la base p d'un nombre positif x. Désignons par $D(K/k)$ le système

$$\{f, h; l_0, l_1, \ldots, l_{m-1}; v_0, v_1, \ldots, v_{m-1}\}.$$

On peut montrer *que* $D(K/k)$ *est un système du type* $(p; e_0, n)$ (³).

v étant une fraction rationnelle dont le dénominateur est premier à p, désignons par $\psi_p(v)$ le plus petit entier ψ tel que $(p^\psi - 1)v$ soit entier. Posons

$$\bar{v}^{(p)} = \sum_{i=1}^{\psi_p(v)} \left\{ \left[v\left(p^i - \frac{1}{p}\right) \right] - [v(p^i - 1)] \right\},$$

où $[x]$ désigne la partie entière d'un nombre réel x.

D étant un système du type $(p; e_0, n)$, tout $l_q (q = 0, 1, \ldots, m-1)$ est multiple de $\psi_p(v_q)$ correspondant. Désignons par $S(k; D)$ le nombre des surcorps K de k tels que $D(K/k) = D$. Soit m' le nombre des $v_q \not\equiv 0 \pmod p$ de D. On a

Théorème I.

$$S(k; D) = e(p^{f_0 f} - 1)^{m'} \prod_{q=0}^{m-1} (p^{\{f_0 f l_q (\bar{v}_q^{(p)} + 1) : \psi_p(v_q)\}} - f_0 f) \qquad (\text{où } e = n : f).$$

Conséquence 1. — $S(k; D)$ *ne dépend que des* p, f_0 *et* D. Pour cette cause, *on peut le désigner par* $S_{f_0}^{(p)}(D)$. $S(k; D)$ *est multiple de* e.

Théorème II. — *Le nombre* $S(k; n)$ *des surcorps de* K *degré relatif* n *est égal à la somme des* $S(k; D) = S_{f_0}^{(p)}(D)$, D *parcourent tous les systèmes du type* $(p; e_0, n)$.

Conséquence 2. — $S(k; n)$ *ne dépend que des* p, f_0 e_0 *et* n, *et peut être désigné par* $S_{f_0, e_0}^{(p)}(n)$.

Les résultats précédents permettent aussi de calculer le nombre de surcorps K de k de degré relatif n ayant certaines propriétés, par exemple, le nombre de tels corps K ayant la différente $\Theta_{K/k}$ égale à une puissance $\mathfrak{P}^n$

(³) Ce résultat avait été déjà énoncé par l'auteur dans les Notes déjà citées; sa démonstration sera publiée dans un travail qui paraîtra prochainement.

Dans le cas où K/k est *galoisien* la partie de la propriété 1° concernant f et h et les propriétés 2° et 4° de $D(K/k)$ sont banales, 3° suit de la définition de h, la partie de la propriété 1°, concernant les l_i et la propriété 5° avaient été prouvées par M. Hilbert (*Jahresb. d. Deut. Math. Ver.*, **4**, 1894-1895, p. 176) et les propriétés 6° et 7° par M. Ore (*Math. Ann.*, **102**, 1929, p. 283).

de $\mathfrak{P}$ donnée s'obtient en prenant la somme des $S(k; D)$ pour tous les D du type $(p; e_0, n)$ tels que

$$e - 1 + \nu_0(n_0 - n_1) + \nu_1(n_1 - n_2) + \ldots + \nu_{m-1}(n_{m-1} - 1) = u$$

(pour que de tels D existent il faut et il suffit que n satisfasse aux conditions données par M. Ore (⁴). Pour calculer le nombre des surcorps complètement ramifiés de k de degré n il suffit d'étendre la sommation en question aux D tels que $f = 1$. On voit *que ce nombre est multiple de n*. On pourrait indiquer d'autres exemples du même genre.

Exemple : k étant le corps 2-adique rationnel, $S(k; 12) = S^{(2)}_{1,1}(12) = 20392$. Parmi ces corps, il y a 12 468 corps complètement ramifiés.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les conditions nécessaires et suffisantes de la convergence stochastique.* Note de M. **W. Kozakiewicz**, présentée par M. Émile Borel.

On sait que dans le cas simple de la convergence d'une suite de variables aléatoires vers une constante, on peut sans difficulté exprimer les conditions de la convergence par les lois de probabilité [1] et les fonctions caractéristiques [2]. Dans cette Note, nous allons exprimer d'une manière analogue les conditions de la convergence d'une suite de variables aléatoires vers une variable aléatoire.

Soient $\{X_n\}$ une suite de variables aléatoires, X une variable aléatoire. $P\{E\}$ désignant la probabilité d'un événement E, posons pour x, y réels quelconques

$$\left.\begin{aligned} F_n(x, y) &= P\{X_n < x, X < y\} \\ F_{nm}(x, y) &= P\{X_n < x, X_m < y\} \end{aligned}\right\} \quad (n, m = 1, 2, 3, \ldots),$$

à condition que les inégalités fermées entre crochets soient satisfaites simultanément.

Posons ensuite

$$F(x) = P\{X < x\}.$$

Désignons pour t et t' réels, par $\varphi_n(t, t')$ la fonction caractéristique des

---

(⁴) *Math. Ann.*, 97, 1926-1927, p. 569-598.

(¹) F. P. Cantelli, *Giorn. Mat. Battag.*, 49, 1911, p. 278.

(²) P. Lévy, *Calcul des probabilités*, Paris, 1925, p. 195-197.

variables X_n et X, c'est-à-dire l'espérance mathématique de $e^{i(X_n t + X t')}$, par $\varphi_{nm}(t, t')$ la même fonction pour X_n et X_m, par $\varphi(t)$ la même fonction pour X.

D'après la définition connue, la suite $\{X_n\}$ converge stochastiquement vers X, si pour $\varepsilon > 0$, $\eta > 0$ quelconques il existe un nombre N tel que

$$P\{|X_n - X| < \varepsilon\} > 1 - \eta \quad \text{pour} \quad n > N.$$

Ceci posé, on a les quatre théorèmes suivants dont le premier concerne le cas où la variable limite X est déterminée, le second, le cas où la variable limite n'est pas connue; les deux derniers théorèmes correspondent respectivement aux théorèmes I et II, et expriment les critères de la convergence par les fonctions caractéristiques.

THÉORÈME I. — *La condition nécessaire et suffisante pour la convergence stochastique de la suite* $\{X_n\}$ *vers la variable* X *est que l'on ait*

$$\lim_{n \to +\infty} F_n(z, z) = \lim_{n \to +\infty} F_n(z) = F(z),$$

pour chaque point z, *où* $F(z)$ *est continue.*

THÉORÈME II. — *La condition nécessaire et suffisante pour la convergence stochastique de la suite* $\{X_n\}$ *vers une variable aléatoire est l'existence d'une loi de probabilité* $\varphi(x)$, *telle que l'on ait*

$$\lim_{\substack{n \to +\infty \\ m \to +\infty}} F_{nm}(z, z) = \Phi(z)$$

pour chaque point z où $\Phi(z)$ est continue.

THÉORÈME III. — *La condition nécessaire et suffisante pour la convergence stochastique de la suite* $\{X_n\}$ *vers* X *est la convergence uniforme dans tout domaine borné des variables* t *et* t', *de la suite* $\{\varphi_n(t, t')\}$ *vers* $\varphi(t + t')$.

THÉORÈME IV. — *La condition nécessaire et suffisante pour la convergence stochastique de la suite* $\{X_n\}$ *vers une variable aléatoire est la convergence uniforme dans tout domaine borné des variables* t *et* t', *de la suite double* $\{\varphi_{nm}(t, t')\}$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les points de diramation des surfaces algébriques multiples.* Note [1] de M. **Lucien Godeaux**.

Considérons une surface algébrique F contenant une involution I_p d'ordre premier p, n'ayant qu'un nombre fini de points unis. Soit Φ une surface normale image de I_p, sur laquelle les points de diramation sont des points isolés; ces points sont singuliers pour la surface [2].

Aux sections hyperplanes Γ de Φ correspondent sur F des courbes C formant un système linéaire en général incomplet. Appelons C' les courbes C passant par un point uni A de I_p et supposons que A ne soit pas un point uni parfait (c'est-à-dire que dans le domaine du premier ordre de A, il n'y ait que deux points unis de I_p). Les courbes C' ont en A une certaine multiplicité, inférieure à p, et elles ont en commun un certain nombre de points fixes, infiniment voisins de A, unis pour I_p. Chacune des suites formées par ces points se termine par un point uni parfait de I_p. Au domaine de ce point correspond, sur la surface Φ, une courbe infiniment petite, infiniment voisine du point de diramation A' homologue de A. Du comportement des courbes C' au point A, on déduit la singularité de A' pour la surface Φ, et inversement.

Nous avons étudié le cas où le cône tangent en A' à la surface Φ se décompose en deux cônes, nécessairement rationnels, d'ordre n_1, n_2, ayant en commun une droite. S'il existe un point multiple de Φ, infiniment voisin de A', ce point est nécessairement double.

Deux cas peuvent se présenter :

1° Au point A', multiple d'ordre n_1+n_2 pour Φ, sont infiniment voisins successifs k points doubles biplanaires dont le dernier est ordinaire. On a

$$p=(2k+1)n_1n_2+n_1+n_2.$$

Les courbes C' ont en A la multiplicité n_1+n_2; elles ont en commun une suite de $(2k+1)n_2$ points multiples d'ordre n_1, infiniment voisins successifs de A et, dans une autre direction, une seconde suite de $(2k+1)n_1$ points multiples d'ordre n_1, infiniment voisins successifs de A.

---

[1] Séance du 26 octobre 1937.

[2] Au sujet des propriétés de ces involutions, voir notre exposé sur *Les involutions cycliques appartenant à une surface algébrique*, Paris, 1935.

2° Au point A′ sont infiniment voisins successifs k points doubles biplanaires suivis d'un point double conique. On a $p = 2(k+1)n_1 n_2 + n_1 + n_2$. Les courbes C′ ont encore la multiplicité $n_1 + n_2$ en A; à ce point sont infiniment voisins successifs, d'une part $2(k+1)n_2$ points multiples d'ordre n_1, et d'autre part $2(k+1)n_1$ points multiples d'ordre n_2.

Inversement, si les courbes C′ ont en A les singularités qui viennent d'être indiquées, la surface Φ présente au point A′ la singularité correspondante.

Pour établir ces propriétés, nous considérons un modèle projectif de la surface F, sur lequel les courbes C appartiennent à un système plus ample, non composé au moyen de l'involution, mais contenant, outre $|C|$, $p-1$ autres systèmes linéaires composés au moyen de I_p. Ces systèmes ont les points unis de I_p comme points-base; deux d'entre eux ont A comme point-base simple.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le rôle des quadriques d'inertie dans la théorie des coordonnées elliptiques*. Note [1] de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Soit

$$Q(x, y, z) = \sum \frac{x^2}{A} - 1 = 0$$

l'équation d'une quadrique à centre. Les coordonnées elliptiques $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ d'un point x_0, y_0, z_0(P) sont données par

$$(1)\quad \begin{cases} x_0 = \sqrt{\dfrac{(A-\lambda_1)(A-\lambda_2)(A-\lambda_3)}{(A-B)(A-C)}}, \qquad y = \sqrt{\dfrac{(B-\lambda_1)(B-\lambda_2)(B-\lambda_3)}{(B-C)(B-A)}}, \\ z = \sqrt{\dfrac{(C-\lambda_1)(C-\lambda_2)(C-\lambda_3)}{(C-A)(C-B)}}. \end{cases}$$

On déduit de ces expressions l'égalité

$$(2)\quad \sum \frac{x_0^2}{A} - 1 = -\frac{\lambda_1\lambda_2\lambda_3}{ABC},$$

dont le premier membre représente $Q(x_0, y_0, z_0)$.

Les λ qui figurent au second membre sont les paramètres des trois quadriques homofocales de Q, qui passent par le point P; ce ne sont pas de

(1) Séance du 22 décembre 1937.

simples coefficients, dépourvus de dimensions, chacun d'eux est homogène au carré d'une longueur. Leur caractère concret se trouve mis davantage en évidence si l'on recourt à la notion de moment d'inertie.

Toute quadrique à centre (Q) peut être regardée comme la quadrique centrale d'inertie (de Culmann) d'un système (S) de masses, dont les coordonnées des points d'application x, y, z sont des quantités réelles ou imaginaires pures. Le système (S′) *conjugué* de (S), est constitué par les mêmes masses, mais appliquées aux points de coordonnées ix, iy, iz.

La quadrique centrale d'inertie de (S′) est la quadrique (Q′) conjuguée de la quadrique (Q), son équation est $\Sigma x^2/A + 1 = 0$.

Les quantités λ_1, λ_2 et λ_3 sont les carrés des demi-axes de la quadrique d'inertie du système (S′), relativement au point x_0, y_0, z_0; le produit $\lambda_1\lambda_2\lambda_3$ est le carré du volume V du parallélipipède construit sur les demi-axes de cette quadrique; nous pouvons donc énoncer ainsi la propriété que représente l'équation (2) : une quadrique Q étant donnée dont le premier membre de l'équation est mis sous la forme d'une somme de termes de dimension O par rapport aux longueurs, et dont le carré du produit des axes est désigné par $\mathcal{V}$, *si l'on substitue les coordonnées* x_0, y_0, z_0 *d'un point* P, *dans le premier membre de* $Q = 0$, *on obtient une expression égale, en valeur absolue, au quotient par* $\mathcal{V}$, *du carré du produit des axes de la quadrique d'inertie* (Q'_P), *relative à* P, *d'un système* (S′) *dont la quadrique centrale serait la quadrique* (Q′) *conjuguée de* (Q).

En prenant pour Q une sphère de rayon R, on obtient une vérification intéressante :

$$Q(x_0, y_0, z_0) = \frac{(-R^2)(-R^2)(-R^2 + d^2)}{-R^6} = -\frac{d^2 - R^2}{R^2},$$

où $d = OP$; on reconnaît, au numérateur, l'expression de la puissance du point P par rapport à la sphère.

Si nous faisons $\lambda_2 = \lambda_3$, dans les égalités (1), nous aurons le lieu des points x_0, y_0, z_0 par lesquels passent deux quadriques homofocales confondues, c'est-à-dire l'enveloppe de ces quadriques, ou encore la développable isotrope, de la quatrième classe, circonscrite à ces quadriques homofocales. Mais la quadrique (Q'_P) est de révolution puisqu'elle a deux axes égaux, et son cône asymptote, circonscrit à Q est, lui aussi, de révolution, de sorte que nous retrouvons, en cette développable isotrope, la surface focale de Darboux, lieu des sommets des cônes de révolution circonscrits à une quadrique donnée.

Si, de plus, nous faisons $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$ dans les relations (1), nous obtenons une courbe lieu des points P pour lesquels la quadrique (Q'_P) est une sphère (3 axes égaux); cette courbe est l'arête de rebroussement de la développable isotrope.

Si nous faisons $\lambda_2 = -\lambda_3$, la quadrique (Q'_P) devient un hyperboloïde équilatère, tandis que nous savons d'autre part que nous obtenons la surface des singularités du complexe de Painvin surface des ondes de Fresnel si (Q) est un ellipsoïde]; ceci permet donc d'énoncer : *la surface des singularités du complexe de Painvin relatif à une quadrique* (Q) *est le lieu des points pour lesquels la quadrique d'inertie* (Q'_P), *d'un système dont la quadrique centrale d'inertie serait* Q', *conjuguée de* Q, *est un hyperboloïde équilatère.*

L'hyperboloïde sera à une ou à deux nappes, selon le signe de λ_1. Or on déduit des relations (1), l'équation

$$\Sigma x^2 = \Sigma A - \lambda_1$$

qui montre que la sphère de Monge de la quadrique (Q) délimite, sur la surface des singularités, les régions sur lesquelles l'hyperboloïde sera de l'une ou de l'autre espèce.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Transformations monotones des ensembles partiellement ordonnés.* Note M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $<$ une relation binaire; un ensemble E sera dit *partiellement ordonné par* $<$ si, d'une part, quels que soient les points a, b, c de E vérifiant $a < b$, $b < c$, on a $a < c$, et d'autre part, si, pour aucun couple de points a, b de E, on n'a à la fois $a < b$, $b < a$. Il en sera encore ainsi si E n'a qu'un point au plus. Deux points a, b de E seront *incomparables* relativement à $<$ si l'on n'a pas $a = b$ ni $a < b$, ni $b < a$.

Si, à tout point a d'un ensemble E_1 partiellement ordonné par une relation binaire $<_1$, on fait correspondre un point bien déterminé $f(a)$ d'un ensemble E_2 partiellement ordonné par une relation binaire $<_2$, et si, pour tout couple de points a, b de E_1 tels que $a \leq_1 b$ on a $f(a) \leq_2 f(b)$ $[f(b) \leq_2 f(a)]$, nous dirons que $f(a)$, $a \varepsilon E_1$, est une *transformation non décroissante* (non croissante) de E_1 en E_2. Des transformations non décroissantes et non croissantes de E_1 en E_2 seront dites des *transformations monotones* de E_1 en E_2.

Soit $f(a)$ une transformation monotone de E_1 en E_2; elle sera : *croissante* si, quels que soient les points a, b de E_1 vérifiant $a <_1 b$, on a $f(a) <_2 f(b)$, et *presque croissante*, si elle est non décroissante et telle que, quel que soit le point a de E_1 qui n'est pas un *dernier* point de E_1, l'ensemble $f(A)$ des $f(b)$, b parcourant l'ensemble A des points x de E_1 tels que $a \leqq_1 x$ soit composé de plus d'un point. Dans le cas particulier où E_2 est semblable à un ensemble linéaire, on dira que, dans E_1, il existe une *fonction réelle uniforme croissante* (presque croissante), s'il y a une transformation croissante (presque croissante) de E_1 en E_2.

Voici trois cas remarquables dans chacun desquels il existe une fonction réelle uniforme croissante :

1° E_1 est ordonné et contient un ensemble au plus dénombrable D tel qu'entre deux points de E_1 n'appartenant pas simultanément à D existe un point de D (Cantor-Denjoy) [1];

2° La famille de tous les sous-ensembles d'un ensemble au plus dénombrable, ordonnée partiellement par $\supset$ ou $\subset$ [2];

3° La famille de tous les ensembles fermés (ouverts) extraits d'un espace (V) parfaitement séparable [3], ordonnée partiellement par $\supset$ ou $\subset$ [4].

Manifestement la condition nécessaire pour l'existence d'une fonction réelle croissante dans E_1 est que tout sous-ensemble bien ordonné de E_1 soit $\leqq \aleph_0$; de même, il suffit que E_1 soit somme de $\leqq \aleph_0$ ensembles dont chacun est composé de points deux à deux incomparables, pour que, dans E_1, il existe une fonction réelle croissante.

En nous restreignant au cas particulier où E_1 est un *tableau ramifié* (c'est-à-dire tel que, quel que soit le point a de E_1, l'ensemble des points de E_1 dont chacun précède a est *bien ordonné*), il est intéressant de savoir si les deux conditions précédentes sont encore suffisante et nécessaire respectivement. Remarquons que le second problème est équivalent à celui-ci :

Peut-on attacher à tout ensemble E *bien ordonné non vide de nombres rationnels un nombre rationnel bien déterminé* $f(E)$ *de telle façon que, pour tout couple d'ensembles bien ordonnés non vides distincts de nombres rationnels*, A, B, *tels que* A *soit un segment initial de* B, *on ait* $f(A) < f(B)$?

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1011.

(2) W. Sierpinski, *L'Ens. Math.*, 30, 1931, p. 240.

(3) Pour la terminologie, voir M. Fréchet, *Espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 290.

(4) A. Lindenbaum, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1511.

THÉORÈME I. — *Tout tableau ramifié non dénombrable dans lequel existe une fonction réelle uniforme croissante a même puissance que l'un de ses sous-ensembles composé de points deux à deux* incomparables.

En combinant le théorème I avec un théorème de Baire et avec le théorème ci-dessus de M. Lindenbaum, on a :

THÉORÈME II. — *Quel que soit le tableau ramifié non dénombrable* $\mathfrak{T}$ (5) *d'ensembles fermés et d'ensembles ouverts extraits d'un espace* (V) *parfaitement séparable au sens de M. Fréchet,* $\mathfrak{T}$ *a même puissance que l'une de ses sous-familles composée d'ensembles* fermés deux à deux disjoints.

Définitions. — E étant un ensemble partiellement ordonné, posons : $\Gamma E =$ borne sup. tF, F parcourant tous les sous-ensembles bien ordonnés de E et tous les sous-ensembles inversement bien ordonnés de E ($tF \equiv$ type d'ordre de F); désignons, pour tout $a \varepsilon E$, par $[a]_E$ l'ensemble de tous les points de E dont chacun est *comparable* à a; disons, enfin, que E est *normal* s'il est fini ou s'il a même puissance que l'un de ses sous-ensembles F jouissant de la propriété suivante : pour tout point a de F, le sous-ensemble $[a]$ de F *est ordonné.*

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Est normal tout tableau ramifié* E *dans lequel existe une fonction réelle uniforme presque croissante, pourvu que* E *vérifie l'une de ces deux conditions :*

I. *Quel que soit le point a de* E, $\Gamma[a]_E = \Gamma E$;

II. ΓE *est un nombre ordinal de première espèce ou bien un ordinal de seconde espèce tel que, quelle que soit la suite croissante d'ordinaux* $< \Gamma E$ *et* $\to \Gamma E$, *le type d'ordre de celle-ci est* ΓF ($\equiv \Gamma E$ *est régulier*).

Remarquons que, pour que tout tableau ramifié soit normal (6), il faut et il suffit que tout tableau ramifié dans lequel existe une fonction réelle uniforme presque croissante soit normal.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales de Laplace.*

Note de M. **Alberto González Dominguez**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit un développement de Laguerre

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{-\frac{t}{2}} L_n(t), \tag{1}$$

(5) Pour la terminologie, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 112.

(6) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 109.

où

$$L_n(t) = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} \frac{(-t)^k}{K!}$$

est le polynome de Laguerre d'ordre n. On dit que le développement (1) est la série de Laguerre de $f(t)$, ou la série de Laguerre-Stieltjes de $\alpha(t)$, lorsque l'on a, respectivement,

$$a_n = \int_0^\infty e^{-\frac{t}{2}} L_n(t) f(t)\, dt, \qquad a_n = \int_0^\infty e^{-\frac{t}{2}} L_n(t)\, d\alpha(t).$$

Considérons l'expression

$$(2) \qquad \sigma(r, t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{-\frac{t}{2}} L_n(t) r^n \qquad (0 \leqq r < 1).$$

Dans la colonne de droite du tableau suivant, nous donnons les *conditions nécessaires et suffisantes pour que le développement* (1) *soit la série de Laguerre ou de Laguerre-Stieltjes d'une fonction* appartenant à la catégorie indiquée à gauche, dans la ligne correspondante.

$f(t)\,\varepsilon\,L(0, \infty)$	$\lim\limits_{\substack{r \to 1 \\ \rho \to 1}} \lvert \sigma(r, t) - \sigma(\rho, t) \rvert = 0$	*a*
$f(t)\,\varepsilon\,L^p(0, \infty) \quad (p > 1)$	$\int_0^\infty \lvert \sigma(r, t) \rvert^p\, dt < M \quad (0 \leqq r < 1)$	*b*
$f(t)$ bornée dans $(0, \infty)$	$\lvert \sigma(r, t) \rvert < M \quad (0 \leqq r < 1)$	*c*
$\alpha(t)$ à variation bornée dans $(0, \infty)$	$\int_0^\infty \lvert \sigma(r, t) \rvert\, dt < M \quad (0 \leqq r < 1)$	*d*
$\alpha(t)$ à variation bornée et continue dans $(0, \infty)$	*d* et, en outre, $\lim\limits_{r \to 1} 2(\pi t)^{\frac{1}{2}} (1 - r)^{\frac{1}{2}} \sigma(r, t) = 0$	*e*
$\alpha(t)$ non décroissante et bornée dans $(0, \infty)$	*d* et, en outre, $\sigma(r, t) \geqq 0 \quad (0 \leqq r < 1)$	*f*

Ces conditions découlent de certains théorèmes généraux sur les déve-

loppements orthogonaux [1], en tenant compte de la propriété suivante du noyau positif $\bar{K}(r, x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\left(\frac{x+t}{2}\right)} L_n(x) L_n(t) r^n$:

$$\int_0^\infty K(r, x, t)\, dt = \frac{2}{1+r} e^{-\frac{x}{2}\left(\frac{1-r}{1+r}\right)}. \tag{3}$$

II. Soit maintenant une fonction analytique réelle $F(x)$. Calculons ses dérivées $F^{(n)}(x)$ dans le point $x = 1/2$, et formons successivement les expressions

$$a_n = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} \frac{F^{(k)}\left(\frac{1}{2}\right)}{k!}, \qquad \sigma(r, t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{-\frac{t}{2}} L_n(t) r^n. \tag{4}$$

Avec cette signification de $\sigma(r, t)$, on peut démontrer que *les conditions qui figurent dans le tableau antérieur sont nécessaires et suffisantes pour que* $F(x)$ *soit une intégrale de Laplace* $F(x) = \int_0^\infty e^{-xt} f(t)\, dt$ (cas a, b, c), *ou bien une intégrale de Laplace-Stieltjes* $F(x) = \int_0^\infty e^{-xt}\, d\alpha(t)$ (cas d, e, f). On a aussi les formules d'inversion

$$(5)\quad \begin{cases} \dfrac{f(t+0) + f(t-0)}{2} = \lim\limits_{r \to 1} \sigma(r, t) \quad (\text{cas } a, b, c), \\ \alpha(t) = \lim\limits_{r \to 1} \displaystyle\int_0^t \sigma(r, x)\, dx, \\ \text{en supposant } \alpha(t) \text{ préalablement normalisée :} \\ \alpha(t) = \dfrac{\alpha(t+0) + \alpha(t-0)}{2}, \qquad \alpha(0) = 0. \end{cases}$$

Pour le cas que l'intégrale de Laplace-Stieltjes se réduise à une série de Dirichlet

$$\int_0^\infty e^{-xt}\, d\alpha(t) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n e^{-\lambda_n x},$$

on a la formule

$$c_n = \lim_{r \to 1} 2(\pi\lambda_n)^{\frac{1}{2}}(1-r)^{\frac{1}{2}} \sigma(r, \lambda_n) \quad [2].$$

---

[1] KACZMARZ-STEINHAUS, *Theorie der Ortogonalreihen*, p. 215.

[2] Cette formule et la condition e sont étroitement liées à certains résultats de M. Kogbetlianz (*Trans. Am. Math. Soc.*, 38, 1935, p. 10-47).

III. On voit donc que le problème de la représentation des fonctions par des intégrales de Laplace est équivalent au problème des *classes* pour les séries de fonctions de Laguerre. Cela était, d'ailleurs, facile à prévoir. En effet, le premier problème est le corrélatif continu du *problème des moments* pour l'intervalle (0, 1). Or, ce dernier a été résolu par M. Hausdorff [3] en le réduisant au problème des classes pour les séries de polynomes de Legendre.

Remarquons aussi que, d'après un théorème connu de M. S. Bernstein [4], notre condition (f) doit être équivalente à la monotonie absolue de $F(x)$. On trouvera tous les moyens pour démontrer cette équivalence dans un Mémoire remarquable de M. Widder [5].

La démonstration des théorèmes énoncés dans cette Note sera publiée dans un prochain travail.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une fonction continue et essentiellement croissante.* Note [1] de M. **Isaie Maximoff**, présentée par M. Paul Montel.

Nous posons le problème suivant : une fonction mesurable B quelconque $f(x)$ étant donnée, il nous faut construire une fonction continue et essentiellement croissante

$$x = \varphi(t) \qquad [\varphi(0) = 0,\ \varphi(1) = 1],$$

telle que la fonction $f[\varphi(t)]$ soit sommable, au sens de M. Henri Lebesgue, sur le segment $[0 \leqq t \leqq 1]$.

Pour le résoudre, nous introduisons les notations suivantes :

Chemin parfait. — Convenons de dire qu'une fonction quelconque $f(x)$ possède en un point quelconque x_0 du segment $[0 \leqq x \leqq 1)]$ un *chemin parfait* $\mathfrak{T}$, s'il existe un ensemble parfait $\mathfrak{T}$ ayant le point x_0 pour point de seconde espèce et tel que $f(x)$ est continue au point x_0 relativement à $\mathfrak{T}$.

---

(3) *Math. Zeitschrift*, 16, 1923, p. 221-248.
(4) *Acta Mathematica*, 52, 1928, p. 1-66.
(5) *Duke Math. Journal*, 1, 1935, p. 126-136.

(1) Séance du 3 novembre 1937.

Fonction partiellement continue. — Une fonction $f(x)$ est dite *partiellement continue* en un point quelconque x_0, lorsqu'elle possède en ce point un chemin parfait. Une fonction $f(x)$ n'ayant aucun chemin parfait au point x_0 est appelée *totalement discontinue* en ce point.

Dans mon article, *Sur les fonctions ayant la propriété de Darboux* [2], j'ai démontré le théorème suivant :

Théorème. — *Si $f(x)$ entre dans la classification de Baire, l'ensemble Ξ de tous les points de discontinuité totale de $f(x)$ est nécessairement ou bien dénombrable, ou bien fini, ou bien nul.*

Maintenant, désignons par Φ l'ensemble $\{[0 \leqq x \leqq 1] - \Xi\}$ et par E_y où $y > 0$ l'ensemble de tous les points appartenant à Φ et satisfaisant à la condition $|f(x)| < y$. On peut écrire la formule $E_y = \lim_{n=\infty} \mathfrak{T}_y^{(n)} + \mathfrak{N}_y$, où $\mathfrak{T}_y^{(n)}$ est un ensemble parfait, $\mathfrak{T}_y^{(n)} < E_y$ et $\mathfrak{N}_y$ est un ensemble de mesure nulle.

Prenons une suite de nombres positifs y_n $[n = 1, 2, 3, \ldots]$ tels que, en premier lieu, $y_1 < y_2 < \ldots$, $\lim_{n=\infty} y_n = +\infty$; en second lieu, chacun des ensembles $E_{y_{n+1}} - E_{y_n}$ est non dénombrable.

On peut démontrer sans peine le théorème suivant :

Théorème. — *Tout point de l'ensemble $E_a(a > 0)$ est un point de seconde espèce d'un ensemble parfait contenu dans $E_b(b \geqq a)$.*

Voici la conséquence immédiate de ce théorème :

Théorème. — *Une fonction mesurable* B *quelconque $f(x)$ étant donnée, on peut construire une suite d'ensembles parfaits $\mathfrak{T}_{y_n}$ $[n = 1, 2, 3, \ldots]$ tels que, en premier lieu, tout point de $\mathfrak{T}_{y_n}$ est un point de seconde espèce de $\mathfrak{T}_{y_{n+1}}$ et, en outre, $\mathfrak{T}_{y_n}$ est contenu dans E_{y_n}; en second lieu, $[0 \leqq x \leqq 1] = \lim_{n=\infty} \mathfrak{T}_{y_n} + \mathfrak{N}$, où $\mathfrak{N}$ est de mesure nulle.*

Pour trouver notre fonction $x = \varphi(t)$, nous procédons de la manière suivante :

1° Construisons sur $[0 \leqq x \leqq 1]$ un système d'ensembles parfaits non denses Q_{y_n}, tels que, en premier lieu, $Q_{y_n} < Q_{y_{n+1}}$, $Q_{y_n} < \mathfrak{T}_{y_n}$; en second lieu, tout point de Q_{y_n} est un point de seconde espèce de $Q_{y_{n+1}}$; en troisième lieu, si l_n est la longueur du plus grand des intervalles enlevés de $\mathfrak{T}_{y_n}$ pour obtenir Q_{y_n}, on a $l_n < 1/n$.

2° Construisons sur $[0 \leqq t \leqq 1]$ un système d'ensembles parfaits non denses $\overline{Q}_{y_n}$ tels que, en premier lieu, $\overline{Q}_{y_n} < \overline{Q}_{y_{n+1}}$ et tout point de $\overline{Q}_{y_n}$ est un

---

[2] *Prace Mat.-Fiz.*, 43, 1935, p. 244.

point de seconde espèce de $\overline{Q}_{y_{n+1}}$; en second lieu, la mesure de $\overline{Q}_{y_n}$ est supérieure au nombre $1-\varepsilon_n$, ε_n étant un nombre positif tel que l'on ait

$$1 > \varepsilon_1 \geq \varepsilon_2 > \varepsilon_3 > \ldots > 0, \quad \lim_{n=\infty} (\varepsilon_n + \varepsilon_{n+1} + \varepsilon_{n+2} + \ldots) = 0.$$

3° Contruisons une fonction continue et essentiellement croissante

$$x = \varphi_n(t) \; [\varphi_n(0) = 0, \; \varphi_n(1) = 1]$$

transformant Q_{y_n} en l'ensemble $\overline{Q}_{y_n}$.

Enfin, en passant à la limite, on obtient $\varphi(t) = \lim_{n=\infty} \varphi_n(t)$.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur la mécanique quantique des systèmes de particules électrisées.* Note de M. **Jacques Solomon**, transmise par M. Paul Langevin.

Plaçons-nous tout d'abord dans le domaine de la mécanique quantique non relativiste. Soient N particules électrisées de masse m, de charge e, de coordonnées (x_i, y_i, z_i) et de quantités de mouvement $(p_{x_i}, p_{y_i}, p_{z_i})$. Dans ces conditions, le principe de correspondance conduit à mettre à la base de la mécanique quantique du système considéré les relations

$$(1) \qquad [x_i, p_{x_j}] = \delta_{ij}, \qquad [p_{x_i}, p_{x_j}] = 0, \qquad [x_i, x_j] = 0.$$

La commutabilité de x_i et x_j, par exemple, signifie simplement que, quelle que soit l'importance de l'interaction entre les deux particules, l'observation de la position de l'une ne modifie en rien l'observabilité *simultanée* de l'autre particule.

D'autre part, les coordonnées X, Y, Z du centre de gravité et sa quantité de mouvement étant définies par

$$NX = \sum_1^N x_i, \quad \ldots; \quad P_x = \sum_1^N p_{x_i}, \quad \ldots,$$

on a immédiatement, à partir de (1),

$$(2) \qquad [X, P_x] = 1.$$

Par conséquent la mécanique quantique du centre de gravité ne se différencie en rien de la mécanique quantique habituelle. En particulier les relations d'incertitude entre les mesures de la position et de la quantité

de mouvement du centre de gravité sont, comme le montre la relation (2), les mêmes que pour une particule électrisée isolée ([1]).

Faisons, en effet, tomber de la lumière sur notre système et observons la lumière diffusée dans la direction x. En combinant les principes de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement, on obtient ([2])

$$P_X = \frac{mc}{2n\nu_0} \sum_i (\nu'_i - \nu''_i),$$

où ν_0 est la fréquence moyenne de la radiation incidente, ν' et ν'' indiquent les fréquences des radiations incidente et diffusée par la particule i, n le nombre de photons tombant sur chaque particule. Il suffira donc d'examiner le spectre avant la diffusion et après pour en déduire la détermination de P_X. On voit dès lors, sans peine, par application du raisonnement habituel ([3]) qui conduit au principe d'indétermination pour une particule isolée, que l'on tombe sur la formule

$$(3) \qquad \Delta X \, \Delta P_X \geqq \frac{h}{4\pi},$$

que l'on peut par ailleurs directement déduire de (2).

On a d'ailleurs

$$(4) \qquad \overline{(X - \overline{X})^2} = \frac{1}{N^2} \sum_i E[(x_i - \overline{x}_i)^2] + \frac{1}{N^2} \sum_{i \neq j} E[(x_i - \overline{x}_i)(x_j - \overline{x}_j)],$$

où $E(\alpha)$ désigne l'espérance mathématique de la grandeur α. Le second terme est nul, quelle que soit l'interaction entre les particules. En effet

$$(5) \qquad E[(x_i - \overline{x}_i)(x_j - \overline{x}_j)] = E[x_i x_j - \overline{x}_i \overline{x}_j].$$

Comme d'après (1) les matrices x_i et x_j sont permutables, il s'ensuit qu'il existe une transformation canonique qui les ramène simultanément à la forme diagonale. Leur produit $x_i x_j$ a alors également la forme diagonale, chaque élément diagonal de $x_i x_j$ étant le produit des éléments diagonaux correspondants de x_i et de x_j. Par suite l'espérance mathématique (5), qui n'est autre que l'élément diagonal de la matrice $x_i x_j - \overline{x}_i \overline{x}_j$, est nulle.

Ceci n'implique pas que la corrélation entre les deux particules soit

---

([1]) J.-L. DESTOUCHES, *Journal de Physique*, 5, 1934, p. 320; 6, 1935, p. 329.

([2]) Cf. N. BOHR et C. ROSENFELD, *Kgl. dansk. Vid. Selskab.*, 12, 1933, p. 8.

([3]) Par exemple W. HEISENBERG, *Die physikalische Prinzipien der Quantentheorie*, p. 20-21.

inexistante, mais montre que la notion de probabilité est ici employée de façon sensiblement différente du sens classique. On a vu en effet que notre démonstration repose sur la possibilité de mesurer *exactement* une coordonnée, ce qui est toujours possible en mécanique quantique.

Il est évident que dans le domaine relativiste, les considérations qui précèdent ne sont valables que pour autant que la fonction d'ondes peut être définie, c'est-à-dire si les mesures sont indépendantes, en d'autres termes si les instants t_i et t_j auxquels on effectue la mesure de la position des particules i et j satisfont à la condition

$$|t_i - t_j| < \frac{r_{ij}}{c},$$

condition qui ne peut être satisfaite que si les particules sont suffisamment éloignées.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les déplacements des nœuds et des apsides dans les systèmes planétaires.* Note de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

Les problèmes de la théorie des perturbations se ramènent à l'étude du mouvement d'un point matériel dans les champs dérivés des fonctions de forces du type $U = 1/r + \varepsilon\Omega(r, \theta, \varphi, t)$; r, rayon vecteur; θ, longitude dans le plan xOy; φ, latitude par rapport à ce plan; t, temps; $\varepsilon\Omega$, fonction perturbatrice, dont le coefficient ε, dépendant des masses troublantes, est regardé comme du premier ordre de petitesse dans les calculs d'approximations.

Or le mouvement de la ligne des apsides d'une orbite n'est déterminé avec une précision suffisante que si l'excentricité et l'inclinaison sont faibles (méthode de Lagrange pour le calcul des inégalités séculaires). La difficulté, quand l'inclinaison est quelconque, provient de la manière dont on a défini, jusqu'à présent, la position de la ligne des apsides, en faisant la somme de la longitude du nœud et de l'argument du périastre de l'ellipse osculatrice, celle-ci étant variable à chaque instant. La méthode suivante, que nous avons conçue pour le cas où les inégalités séculaires du premier ordre sont les seules sensibles, nous semble plus naturelle.

Admettons la présence d'une seule planète troublante, dont l'orbite képlérienne, décrite dans le plan xOy, soit circulaire. L'action de cette planète pouvant être remplacée par l'attraction d'un *anneau circulaire de*

Gauss, nous mettons les équations du mouvement sous la forme

$$\frac{d^2\mu}{dv^2}+(1+\mathrm{L})\mu=0 \tag{1}$$

$$\left(\mu=\sin\varphi;\ \mathrm{L}=-\frac{r^2}{\mathrm{G}^2}\,\frac{\cos^2 i}{\sin\varphi\cos\varphi}\,\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial\varphi},\ \text{quantité de l'ordre de } \varepsilon \text{ et } >0\right),$$

$$\frac{d^2s}{dv^2}+\frac{1}{\mathrm{G}}\frac{d\mathrm{G}}{dv}\frac{ds}{dv}+s=\frac{1}{\mathrm{G}^2}\frac{\partial\mathrm{U}(s,\sin^2\varphi)}{\partial s}. \tag{2}$$

($s=1/r$; v, *longitude dans le plan instantané mobile de Hansen*), et deux autres équations où interviennent s, φ, G, t. Il existe une constante des aires C et nous avons $\mathrm{C}=\mathrm{G}\cos i$ (i, inclinaison).

L'équation (1) permet d'établir la *rétrogradation des nœuds sur le plan de l'équateur*, car l'intervalle des valeurs de v qui séparent deux zéros consécutifs de μ est inférieur à π et l'angle v croît plus rapidement que l'angle θ.

Pour étudier le déplacement des apsides, *nous supposons que l'excentricité osculatrice est au moins aussi importante que* $\sqrt{\varepsilon}$, et nous appliquons à l'équation (2) la transformation $s=\mathrm{S}+\sigma$, dans laquelle S est défini implicitement par

$$\mathrm{S}=\frac{1}{\mathrm{G}^2}\frac{\partial\mathrm{U}(\mathrm{S},\sin^2\varphi)}{\partial\mathrm{S}}.$$

Il vient

$$\frac{d^2\sigma}{dv^2}+(1-\Psi)\sigma=-\frac{d^2\mathrm{S}}{dv^2}-\frac{1}{\mathrm{G}}\frac{d\mathrm{G}}{dv}\frac{ds}{dv} \tag{3}$$

avec

$$\Psi=\frac{\dfrac{1}{\mathrm{G}^2}\dfrac{\partial\mathrm{U}}{\partial s}-\mathrm{S}}{\sigma}$$

(Ψ est de l'ordre de ε; son expression est très aisée à obtenir dans les cas concrets). Les zéros de σ séparent les apsides successives, et il n'y a pas lieu de tenir compte du second membre de (3) dans la détermination de l'intervalle moyen en v qui les sépare; c'est donc la fonction Ψ qui décide du déplacement direct ou rétrograde du périastre et qui permet d'évaluer approximativement sa vitesse angulaire moyenne. Cela dans le plan mobile de Hansen; il faut ensuite comparer les croissances de v et de θ pour avoir un résultat définitif dans le système de référence $Oxyz$.

Nous montrons que la fonction Ψ est positive pour les inclinaisons ne dépassant pas une certaine limite; *de là découle le déplacement direct moyen de la ligne des apsides lorsque l'inclinaison de l'orbite est inférieure à une limite correspondante*. En prenant comme exemple $\mathrm{U}=s+\varepsilon s^p(1-3\sin^2\varphi)$

(système de deux anneaux circulaires de Gauss attirant un point éloigné pour $p = 3$; masse centrale et anneau de Gauss de très grand rayon, pour $p = -2$), nous avons trouvé que le déplacement des apsides d'une orbite peu différente d'un cercle s'effectue, en moyenne, dans le sens direct, tant que l'inclinaison n'atteint pas $46^\circ\,{}^3/_8$.

Nous avons établi que, dans les mouvements stables des champs de forces avec axe de révolution et équateur, les longitudes du nœud et du périastre sont exprimables, pendant un temps arbitrairement long mais fini, par des formules telles que

$$\omega = -\alpha t + \text{fonction quasi-périodique de } t \quad (\alpha, \text{ constante} > 0),$$
$$\varpi = \beta t + \text{fonction quasi-périodique de } t \quad (\beta, \text{ constante}),$$

chaque fonction quasi-périodique ayant deux fréquences fondamentales.

Des formules analogues, mais avec trois fréquences fondamentales, sont susceptibles d'être employées lorsqu'on remplace les anneaux circulaires de Gauss par des *anneaux elliptiques*. Nous avons examiné ce que deviennent, dans ce cas, les déplacements des nœuds et des apsides. *La rétrogradation des nœuds n'est plus continuelle, mais moyenne; quant à l'avance moyenne du périastre, elle a lieu si l'inclinaison n'est pas trop forte et si l'excentricité propre de la planète étudiée est supérieure au produit de l'excentricité de l'anneau perturbateur par un certain coefficient. Si cette dernière condition n'est pas remplie, le mouvement de la ligne des apsides, au lieu d'être une révolution, est une libration.*

VISCOSITÉ. — *Sur les tensions de radiation des ondes transversales d'inertie et de viscosité des liquides.* Note de M. **René Lucas**, transmise par M. Paul Langevin.

J'ai montré ici même (¹) et dans un travail récent (²) que les ondes transversales d'inertie et de viscosité jouent un rôle important dans l'agitation thermique des liquides.

La présente Note a pour objet d'établir les valeurs des composantes des tensions de radiation développées par ces ondes lors de leur propagation. Le raisonnement suivi est analogue à celui utilisé par Léon Brillouin (³)

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 773; 204, 1937, p. 1631.
(²) *Journal de Physique*, 7ᵉ série, 8, 1937, p. 410.
(³) *Ann. de l'École Norm. Sup.*, 38, 1921, p. 418.

pour les tensions de radiation des ondes élastiques ou électromagnétiques.

Soit une enceinte de forme parallélépipédique de côtés l_1, l_2, l_3 (suivant les axes orthogonaux ox, oy, oz), l'enceinte renfermant un fluide doué de viscosité, en équilibre thermique, qui est le siège d'ondes stationnaires transversales non polarisées (parois parfaitement réfléchissantes).

Les fréquences propres ν de vibration d'un tel milieu sont données par la condition

$$\left(\frac{2\nu}{V_t}\right)^2 = \left(\frac{n_1}{l_1}\right)^2 + \left(\frac{n_2}{l_2}\right)^2 + \left(\frac{n_3}{l_3}\right)^2,$$

n_1, n_2, n_3 nombres entiers, V_t vitesse de phase des ondes transversales.

Soit une dilatation adiabatique de ce volume suivant ox (l_1 variant de dl_1).

Lors de cette détente adiabatique la fréquence ν considérée va être modifiée de $d\nu$, la vitesse V_t de dV_t, en sorte que

$$\frac{V_t\,d\nu - \nu\,dV_t}{\nu V_t}\left(\frac{2\nu}{V_t}\right)^2 = -\left(\frac{n_1}{l_1}\right)^2 \frac{dl_1}{l_1},$$

ou encore

$$\frac{d\nu}{\nu} - \frac{dV_t}{V_t} = -\alpha^2 \frac{dl_1}{l_1}$$

(α cosinus directeur suivant ox de la normale à l'onde).

La vitesse $V_t = 2\sqrt{\pi\eta\nu/\rho}$ (ρ densité, η viscosité) varie pour trois raisons :

1° par suite de la variation $d\nu$ de la fréquence;

2° ρ varie de $d\rho$;

3° η varie de $d\eta$:

$$dV_t = \frac{\partial V_t}{\partial \nu} d\nu + \frac{\partial V_t}{\partial \rho} d\rho + \frac{\partial V_t}{\partial \eta} d\eta = \frac{\partial V_t}{\partial \nu} d\nu + \frac{dV_t}{d\rho} d\rho,$$

en posant

$$\frac{dV_t}{d\rho} = \frac{\partial V_t}{\partial \rho} + \frac{\partial V_t}{\partial \eta}\frac{d\eta}{d\rho},$$

dérivée prise à entropie et à fréquence constantes.

Par suite

$$\frac{d\nu}{\nu}\left(1 - \frac{\nu}{V_t}\frac{\partial V_t}{\partial \nu}\right) = \frac{dV_t}{d\rho}\frac{d\rho}{V_t} - \alpha^2 \frac{dl_1}{l_1};$$

or ρl_1 est constant et la quantité

$$1 - \frac{\nu}{V_t}\frac{\partial V_t}{\partial \nu} = \frac{V_t}{U_t} = \frac{1}{2}$$

pour ces ondes transversales (U_t vitesse de groupe). Comme, d'autre part,

suivant un théorème de Boltzmann, le rapport $\overline{E_{cin}}/\nu$ est constant pour une transformation adiabatique ($\overline{E_{cin}}$ énergie cinétique moyenne du système, c'est-à-dire énergie d'agitation due aux ondes transversales), on peut en déduire la force exercée suivant ox sur la paroi d'aire $l_2 l_3$.

En introduisant la densité d'énergie cinétique $\overline{\varepsilon_{cin}} = \overline{E_{cin}}/l_1 l_2 l_3$ et les cosinus directeurs α, β, γ de la normale à l'onde, on en déduit les composantes du tenseur des efforts dus aux ondes

$$\begin{vmatrix} -2\bar{\varepsilon}_{cin}\left(\alpha^2+\frac{\rho}{V_t}\frac{dV_t}{d\rho}\right) & 0 & 0 \\ 0 & -2\bar{\varepsilon}_{cin}\left(\beta^2+\frac{\rho}{V_t}\frac{dV_t}{d\rho}\right) & 0 \\ 0 & 0 & -2\bar{\varepsilon}_{cin}\left(\gamma^2+\frac{\rho}{V_t}\frac{dV_t}{d\rho}\right) \end{vmatrix}$$

Première application. — La théorie ([4]) des actions thermomécaniques exercée sur un flotteur opaque à la chaleur et immergé dans le liquide doit se faire en prenant la relation $\overrightarrow{\delta G} = 2/V_t \overrightarrow{\delta E}$ entre le flux de quantité de mouvement $\overrightarrow{\delta G}$ lié au flux d'énergie $\overrightarrow{\delta E}$ dû aux ondes transversales, au lieu de la relation $\overrightarrow{\delta G} = 1/V_l \overrightarrow{\delta E}$ pour les ondes élastiques longitudinales (vitesse de phase et d'énergie V_l).

Ceci conduit, dans le cas de l'eau, à une valeur théorique de Φ (grandeur introduite dans la théorie des actions thermomécaniques)

$$\Phi = 13{,}3.10^5 \text{ cm/sec},$$

au lieu de 26.10^5 primitivement calculée. La valeur expérimentale est 16.10^5 cm/sec environ, l'accord entre la théorie et l'expérience est satisfaisant.

Deuxième application. — Pour des ondes parfaitement diffusées

$$\overline{\alpha^2} = \overline{\beta^2} = \overline{\gamma^2} = \frac{1}{3}.$$

Il y a un terme complémentaire à la valeur de la pression exercée par les ondes thermiques longitudinales.

L'équation d'état du fluide proposée par P. Debye et par S. Ratnowsky

---

([4]) E. Perrin et R. Lucas, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 960, et *Journal de Phys.*, *loc. cit.*, p. 426.

doit être complétée par le terme de pression dirigée de l'intérieur du fluide vers l'extérieur

$$p = 2\bar{\varepsilon}_{\text{cin. tr.}}\left(\frac{1}{3} + \frac{\rho}{V_t}\frac{dV_t}{d\rho}\right).$$

CHALEUR. — *Contribution à l'étude d'une méthode pour la comparaison des chaleurs spécifiques des gaz aux températures plus élevées que la température ambiante.* Note de M. **Aurel Potop**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un tube métallique est placé selon l'axe d'une enceinte qui le porte par l'intermédiaire de deux manchons. Les manchons étant isolés électriquement (mais non thermiquement) de l'enceinte, un courant électrique de chauffage parcourt le tube seulement. La distribution du gradient thermique, ainsi réalisée le long de ce tube, devrait être symétrique par rapport à son milieu, origine des coordonnées. Le passage d'un gaz à l'intérieur du tube perturbe la symétrie, et une différence de température θ apparaît entre les abscisses x et $-x$. Si l'écoulement du gaz est laminaire, on a, moyennant certaines approximations, $\theta = c_1\alpha + c_3\alpha^3$.

α est le quotient de la capacité calorifique du débit gazeux, par le double du produit de la conductibilité thermique par la section annulaire du tube; c_1 et c_3, des coefficients dépendant, le premier, des constantes du tube, le deuxième, de ces constantes et aussi de celles du gaz. Pour de faibles débits, θ est sensiblement proportionnel à α. Les chaleurs spécifiques de deux gaz qui traverseraient successivement le tube, avec le même débit, peuvent être ainsi comparées, connaissant les θ respectifs.

Si la conductibilité thermique du tube, aux points x et $-x$, était facilement mesurable, on déterminerait les chaleurs spécifiques, en valeur absolue. Cette ingénieuse méthode, simple en apparence, est due à P. S. Blackett, P. S. Henry et E. K. Rideal (1). P. S. Henry (2) l'a perfectionnée et appliquée jusqu'à 370°C.

Notre but était d'effectuer des mesures à des températures plus hautes. Dans cette Note sont mentionnées notre technique, nos observations et les difficultés rencontrées dans ce domaine de températures.

L'appareil est un tube de platine (diamètre extérieur : $2^{\text{mm}},02$; intérieur :

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, **126**, 1929, p. 319.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, **133**, 1931, p. 492.

$1^{mm},06$; longueur 210^{mm}), placé dans une enceinte de duralumin. La convection naturelle étant bien définie ([3]) du moins jusqu'à 100°C., la distance tube-enceinte a été prévue de 15^{mm}. Les constantes physiques du tube ont été déterminées au préalable, la conductibilité thermique, avec la méthode de P. Vernotte ([4]); celle de Procopiu ([5]) nous a donné le même résultat.

Les procédés optiques, très intéressants pour une mesure de température à distance, étant actuellement d'une sensibilité qui s'est avérée insuffisante, nous avons employé, pour la mesure de θ, des couples thermoélectriques fins ($d = 0^{mm},06$), en platine et platine rhodié à 10 pour 100. Une soudure, opération difficile, a été effectuée en chauffant électriquement une petite portion du tube, autour du point désigné, jusqu'à obtenir l'adhérence du fil du couple.

Ayant remarqué l'existence de forces électromotrices entre Pt(fil) et Pt(tube), et désireux de n'être gêné en aucune manière par le courant de chauffage, nous avons employé des couples indépendants (deux fils soudés individuellement en chaque point), leurs f. e. m. ont été mesurées avec un potentiomètre donnant directement le microvolt.

Le dispositif de chauffage se composait d'un groupe moteur synchrone-alternateur. Une batterie d'accumulateurs au plomb, de grande capacité, servait *seulement* à l'excitation de l'alternateur, dont les contacts aux balais étaient très surveillés. Nous avons obtenu ainsi le meilleur régime permanent de nos essais (0°,1 de variation en deux heures).

Pour l'écoulement du gaz à débit constant, nous avons retenu le dispositif d'André Fortier ([6]). Il est fondé sur les formules de Saint-Venant et Wanzel relatives à l'écoulement des fluides par un orifice. La membrane du dispositif, maintenue à température invariable par de la glace fondante, doit être étalonnée. Pour changer le débit, il faut changer de membrane. Le passage du gaz par un serpentin plongeant dans l'air liquide, le purifiait de la vapeur d'eau et du gaz carbonique.

Dans ces conditions, l'appareil étant horizontal, voici ce que nous avons constaté :

a. A la température d'environ 600° C., une instabilité, constatée au gal-

---

([3]) Aurel Potop, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1847.
([4]) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 844.
([5]) *Ann. de Phys.*, 9e série, **9**, 1918, p. 105.
([6]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1330.

vanomètre, vient troubler le régime permanent de chauffage du tube, même en l'absence de courant gazeux;

b. Il faut opérer toujours avec des débits très faibles, et rester très loin du nombre critique de Reynolds : tout d'abord parce que la formule ne s'appliquerait pas au delà de ce nombre, et, ensuite, pour que la distribution d'équilibre de la température ait le temps de s'établir sensiblement dans la masse du gaz;

c. Il faut prêter grande attention aux défauts géométriques du tube, qui est, en général, *conique*, et non cylindrique;

d. Aux températures plus élevées, la dilatation oblige le tube à prendre une flèche, quand les contacts avec les manchons sont fixes. Si ces contacts sont glissants, le milieu du tube se déplace, en général, avec la température, et la disposition initiale des couples devient dissymétrique. De plus, les contacts glissants sont toujours de mauvais contacts, en électricité comme en chaleur; et ils peuvent être eux-mêmes causes de dissymétrie, et peut-être même d'instabilité, dans le problème actuel.

Dans ces premières expériences, et à ces températures, il nous a été impossible d'éliminer la dissymétrie, et nos résultats expérimentaux ne peuvent être interprétés avec la théorie citée ci-dessus, qui suppose expressément la symétrie de la distribution de température réalisée en l'absence de courant gazeux.

IONISATION. — *Sur l'état d'équilibre entre gros ions et petits ions dans un gaz*. Note de MM. **Ouang Te-Tchao** et **André Langevin**, transmise par M. Paul Langevin.

Depuis l'époque où M. Paul Langevin (¹) a donné la théorie de la formation des gros ions dans un gaz, par suite de la présence simultanée de particules en suspension et de petits ions, cette question a fait l'objet de nombreuses recherches, mais jusqu'ici il n'avait pas été fait de vérification quantitative précise. Nous exposerons plus loin les vérifications expérimentales que nous avons faites de cette théorie.

Supposons que le gaz contienne M particules en suspension par centimètre cube, et que, à l'aide d'une source radioactive de radium F, on ait fait apparaître des petits ions positifs et négatifs, de concentrations respec-

(¹) *Le Radium*, 4, 1907, p. 218.

tives p et n par centimètre cube. Dans ce mélange, d'après M. Paul Langevin, il existe une action mutuelle entre les particules neutres et les petits ions, par suite de l'effet d'influence électrique. Cette action tend à précipiter les petits ions sur ces particules, donc à transformer celles-ci en gros ions. Au bout d'un certain temps, le nombre de gros ions positifs P (ou négatifs N) formés devient égal au nombre des gros ions positifs (ou négatifs) qui disparaissent spontanément par suite de la recombinaison, soit avec un petit, soit avec un gros ion de signe contraire, pour se transformer en particules neutres. Un état d'équilibre est alors atteint.

L'augmentation du nombre P sera

$$dP = \alpha[M - (P + N)]p,$$

α étant un coefficient d'absorption des petits ions par les particules neutres.

Pour la diminution de P, on aura de même

$$dP = \beta P n + \gamma PN,$$

β et γ étant les coefficients de recombinaison entre P, n et P, N. Négligeons γPN par rapport au terme $\beta P n$, en raison de la faible mobilité des gros ions, et faisons $p = n$, ce qui est légitime si l'intensité d'ionisation est suffisamment grande, c'est-à-dire si la concentration en particules neutres est faible par rapport au nombre des petits ions; on aura donc, à l'équilibre, les relations

$$P = \frac{\alpha}{\beta}[M - (P + N)] \tag{1}$$

et

$$N = \frac{\alpha'}{\beta'}[M - (P + N)]. \tag{2}$$

En conséquence :

1° Une proportion déterminée des particules en suspension reste à l'état neutre, c'est-à-dire que P/M et N/M resteront constants à partir du moment où l'équilibre est atteint.

2° Le rapport de P à N est également bien déterminé. En effet,

$$\frac{P}{N} = \frac{\alpha\beta'}{\alpha'\beta}, \tag{3}$$

et, en admettant la proportionnalité des coefficients β, β' à la somme des mobilités (²) des ions qui se combinent, et de α, α' aux coefficients de

(²) P. Langevin, *Ann. Chim. Phys.*, 28, 1903, p. 433.

diffusion des ions (puisque les coefficients de diffusion sont proportionnels aux mobilités α, α', par suite sont proportionnels aux mobilités), cette relation peut s'écrire

$$\frac{P}{N}=\frac{(k_1+k)k_1}{(k_2+k)k_2},$$

k_1, k_2 étant les mobilités des petits ions positifs et négatifs; k, mobilité des gros ions. Comme k est négligeable devant k_1 et k_2, on a

$$\frac{P}{N}=\frac{k_1^2}{k_2^2};$$

puisque k_2 est légèrement supérieur à k_1, il y aura un excès de gros ions négatifs.

3° La valeur d'équilibre ne dépend pas de la présence des particules chargées antérieurement.

4° Au moment de l'équilibre, la proportion d'ions est indépendante de l'intensité ionisante quand cette dernière devient considérable. Elle dépend seulement de la grosseur des particules présentes dans le gaz.

Résultats expérimentaux. — Nous avons pu vérifier les conséquences théoriques 1°, 2° et 3° par une méthode directe. Disposant d'une source de fumée de concentration constante et homogène, nous avons fait circuler le gaz chargé de fumée dans un condensateur de mesure ([3]) après passage dans une chambre d'ionisation. Nous avons mesuré le courant d'ionisation en fonction de la tension appliquée sur le condensateur jusqu'à la saturation. Le débit de fumée utilisé est choisi de telle façon que les gaz séjournent assez longtemps dans la chambre d'ionisation pour que l'état d'équilibre soit atteint.

En pratique, avec un débit de 30 cm³/sec de gaz chargé de fumée, le courant de saturation est égal à 15.10^{-12} ampère, ce qui conduit pour P à la valeur 3.10^6; d'autre part, M a été mesurée par une méthode de numération ([3]) et l'on a trouvé dans les mêmes conditions $M=4.10^7$, d'où l'on déduit

$$\frac{P}{M}=\frac{3.10^6}{4.10^7}=\frac{1}{13}\text{ environ}.$$

Dans toutes les mesures, nous avons trouvé pour N un nombre supérieur à P et pratiquement $N/P=1,4$.

([3]) OUANG TE-TCHAO, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 855.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques des mercuriiodures.* Note de M. **Fernand Gallais**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour déterminer l'importance éventuelle de ce facteur dans les anomalies magnétooptiques que présentent les mercuriiodures solubles ([1]), j'ai été amené à préciser les constantes magnétiques de ces substances.

P. Pascal, en effet, a indiqué que ces sels pouvaient être paramagnétiques ([2]), et j'ai signalé également une dépréciation du diamagnétisme du mercuritétraiodure d'argent qui, si l'on convenait de la faire porter tout entière sur le mercure, conduirait à attribuer à cet élément, dans ce composé, un paramagnétisme d'ailleurs très faible ([3]).

I. Mes mesures ont été effectuées par la méthode de G. Dupouy et Ch. Haenny ([4]). Dans cette méthode, qui dérive de celle du cylindre de Gouy, on détermine la force qui s'exerce sur une baguette inaltérable plongée dans le liquide pur ou la solution à étudier, lorsqu'une de ses bases est placée dans un champ uniforme, l'autre se trouvant dans un champ beaucoup plus faible. On en déduit la susceptibilité magnétique apparente de la baguette par rapport au liquide, et par suite, la susceptibilité du liquide dès que l'on connaît celle de la baguette.

J'ai utilisé une baguette cylindrique en flint léger ($d = 25^{mm}$; $l = 180^{mm}$) dont j'ai mesuré la susceptibilité par rapport à l'eau et à l'air sec. En adoptant pour la susceptibilité de l'eau à 20° la valeur

$$\varkappa = -0{,}718_6 \cdot 10^{-6} \quad \text{(Piccard et Devaux)},$$

et pour celle de l'air à 20° la valeur

$$\varkappa = +0{,}029 \cdot 10^{-6} \quad \text{(Piccard)},$$

la susceptibilité de la baguette était à la même température

$$\varkappa = -1{,}023 \cdot 10^{-6}.$$

Placée dans le champ du Grand Electro-aimant de l'Académie des Sciences à Bellevue (pièces polaires cylindriques de 60^{mm} de diamètre; entrefer $49^{mm},4$; $i = 400$ ampères; $H \approx 36000$ gauss), cette baguette subissait une poussée magnétique de $0^{g},800$ aisément mesurée à $0^{mg},5$ près.

([1]) F. Gallais, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 836; **202**, 1936, p. 54.
([2]) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **16**, 1909, p. 558.
([3]) F. Gallais, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1390.
([4]) *Journ. de Physique*, **7**, 1936, p. 23.

Grâce à ce dispositif expérimental, j'ai été à même d'étudier des solutions suffisamment diluées pour qu'on puisse considérer les complexes qu'elles renfermaient comme ionisés.

Pour calculer les coefficients d'aimantation χ des sels dissous, j'ai utilisé la formule additive classique

$$\varkappa_S = p\chi + (D_S - p)\chi_s,$$

p étant le poids de sel dissous dans 1$^{cm^3}$ de la solution; $\varkappa_S$, D_S la susceptibilité et la densité de la solution; χ_s le coefficient d'aimantation du solvant.

II. Mes mesures ont porté :

1° sur deux solutions pures de mercuritétraiodure de potassium HgI^4K^2 dans l'alcool à 20°, et sur une solution aqueuse du même sel renfermant le léger excès d'iodure alcalin nécessaire au maintien de l'équilibre chimique;

2° sur une solution pure, dans l'alcool à 20° du mercuritétraiodure de sodium HgI^4Na^2;

3° sur une solution dans l'acétone anhydre du sel cristallisé HgI^2, KI, H^2O.

Dans tous les cas la teneur en mercure a été vérifiée par électrolyse.

Le tableau ci-dessous donne, pour ces différents sels, le titre des solutions exprimé en molarité; leur susceptibilité magnétique et les coefficients d'aimantation moléculaire des sels dissous. Dans une dernière colonne figurent les valeurs de ces coefficients telles qu'ont peut les calculer par additivité à partir des valeurs relatives à HgI^2, KI et H^2O.

Pour l'iodure de potassium, j'ai adopté la valeur $\chi_m = -67,1$ que j'ai obtenue personnellement; suivant que l'on admet alors pour l'iodure mercurique telle ou telle des valeurs proposées par différents auteurs, les résultats varient dans d'assez larges proportions. J'ai indiqué seulement les valeurs extrêmes que l'on peut obtenir en prenant pour HgI^2 $\chi_m = -117$ (Pascal) ou $\chi_m = -134$ (Kido).

	τ.	$10^6\varkappa$.	$10^6\chi_m$ trouvé.	$10^6\chi_m$ calculé.
HgI^4K^2 :				
Solution aqueuse..........	0,0852	−0,731	−261	de −251 à −268
» dans l'alcool à 20°.	0,0982	−0,718	−271	
» dans l'alcool à 20°.	0,519	−0,780	−274	
HgI^4Na^2 :				
Solution dans l'alcool à 20°.	0,0979	−0,718	−246	de −238 à −255
HgI^3K, H^2O :				
Solution dans l'acétone....	0,108	−0,474	−223	de −197 à −214

Étant donné la faible concentration des solutions, les valeurs expéri-

mentales des coefficients d'aimantation peuvent difficilement être connues avec une erreur relative inférieure à 3 pour 100; on voit que celles-ci diffèrent fort peu des valeurs calculées. *Le mercure conserve donc, dans les mercuriiodures, son diamagnétisme habituel.* Ainsi disparaît un exemple exceptionnel d'un métal diamagnétique devenant paramagnétique dans ses combinaisons complexes ([5]). Un tel comportement s'expliquerait d'ailleurs mal en partant des théories modernes (Welo, Baudisch), le mercure ayant, dans l'ion $[HgI^4]^{--}$ en particulier, le nombre atomique effectif d'un gaz rare (Em = 86).

SPECTROSCOPIE. — *Sur une nouvelle méthode pour l'obtention des spectres de métaux.* Note ([1]) de MM. **Henri Muraour** et **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons montré ([2]) que, par rencontre d'ondes de choc puissantes dans de l'argon contenant en suspension des métaux ou des composés métalliques, à l'état finement divisé ou sous forme de vapeur, il était possible d'obtenir des spectres qui ne sont ni des spectres de flamme, ni même des spectres d'arc, mais qui renferment de nombreuses raies d'étincelle.

Ces spectres présentent un intérêt particulier car ils sont obtenus en utilisant un phénomène thermique sans intervention d'un champ électrique extérieur.

Dans la présente Note nous nous proposons de décrire une méthode un peu différente pour l'obtention des spectres métalliques de haute température. Comme dans la première méthode, on opère dans l'argon et avec le dispositif antérieurement décrit (rigole circulaire creusée dans un bloc de laiton) ([3]). Mais une mince feuille (épaisseur $0^{mm},02$) du métal dont on veut obtenir le spectre est appliquée, à l'aide d'une légère couche de vaseline, sur le bloc de laiton. Elle oblitère la rigole circulaire et se trouve ainsi placée à une très faible hauteur, environ 1^{mm}, au-dessus de

([5]) M. Pascal m'a d'ailleurs autorisé à dire que les conditions expérimentales défavorables dans lesquelles ses premières mesures étaient effectuées ne permettaient pas d'en attendre une grande précision.

([1]) Séance du 22 novembre 1937.

([2]) *Journal de Physique*, 7e série, 8, 1937, p. 330.

([3]) *Journal de Physique*, 7e série, 6, 1935, p. 496.

la surface de l'explosif. On vise avec le spectrographe un point situé à environ 5cm au-dessus de la surface du bloc de laiton.

Nous reproduisons ici le spectre de l'aluminium obtenu par cette méthode. On y remarquera en absorption, les raies de l'aluminium non

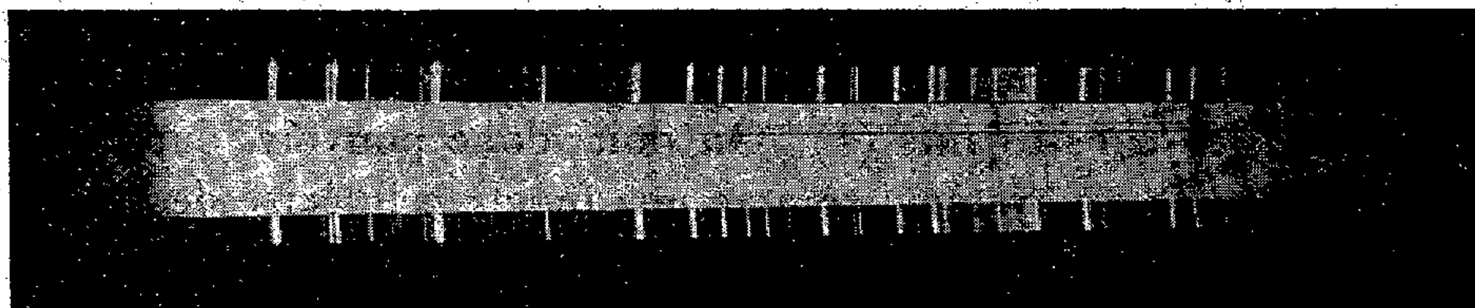


Fig. 1.

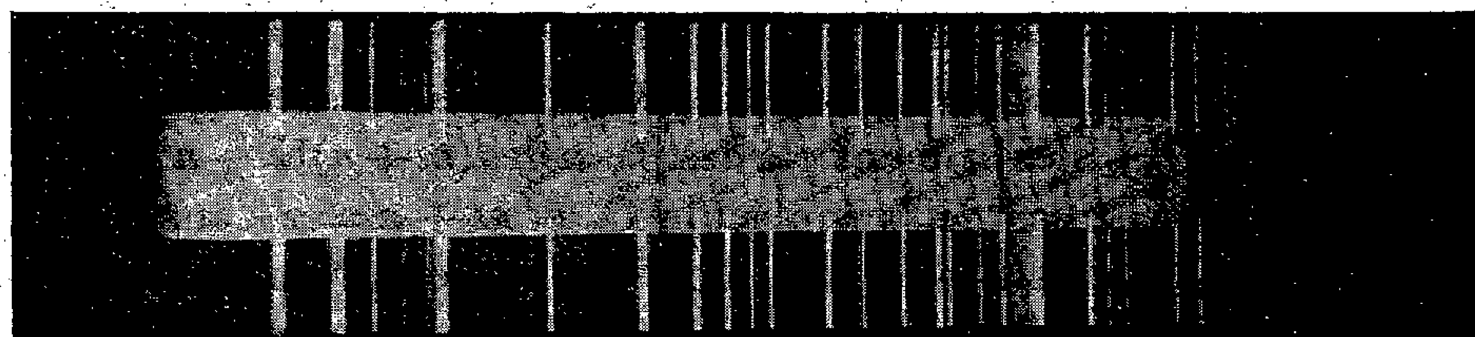


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Spectre de référence : arc au mercure.

ionisé et en émission, la raie 2816 de l'aluminium une fois ionisé. Fait remarquable, ce spectre est identique à celui que l'on obtient en faisant passer dans un mince fil d'aluminium, pour le vaporiser, la décharge d'un condensateur puissant, le fil étant placé dans une fente creusée dans un bloc de bois (méthode du fil explosé d'Anderson) ([1]).

Le spectre que nous reproduisons (*fig.* 2), a été obtenu par cette dernière méthode, mais en opérant comme pour le spectre n° 1 dans une atmosphère d'argon. On remarquera l'identité de ces deux spectres.

Des résultats analogues peuvent être obtenus en opérant avec d'autres métaux.

La pulvérisation d'un métal au contact d'un explosif puissant permet donc d'obtenir des spectres de haute température étroitement apparentés aux spectres d'Anderson.

([1]) Un spectre du même type a été obtenu par L. et E. Bloch en faisant éclater sous l'eau une puissante étincelle entre deux électrodes d'aluminium (*Journal de Physique*, 3, 1922, p. 309).

SPECTROSCOPIE. — *Remarque sur une interprétation possible des bandes de l'ozone.* Note de M. L. **Herman** et M[me] **Herman-Montagne**, présentée par M. Charles Fabry.

I. London a montré que, pour les molécules triatomiques symétriques, le potentiel dû à l'énergie du système s'exprime linéairement en fonction des énergies des constituants (1). On doit donc pouvoir, dans ce cas, exprimer l'énergie du système comme une fonction linéaire des énergies des trois systèmes isolés formés par chacune des trois molécules diatomiques. Cette méthode est analogue à celle employée par Ellis et Kneser pour interpréter le spectre d'absorption de la molécule $(O_2)_2$ à l'aide des fréquences électroniques de la molécule O_2 (2). Ainsi, les spectres des molécules O_2 et $(O_2)_2$ s'expriment par les passages $(m+n)^3\Sigma \rightarrow n^1\Sigma + m^2\Delta$, où $m+n=1$ dans le cas de la molécule O_2 et $m+n=2$ dans le cas de la molécule $(O_2)_2$, m et n étant des nombres entiers. Nous avons essayé de généraliser cette méthode pour interpréter le spectre d'absorption de la molécule O_3. En tenant compte de la symétrie de triangle isoscèle présentée par la molécule O_3, les niveaux d'énergie supérieurs de cette molécule pourraient être représentés par les combinaisons indiquées dans le tableau suivant, le niveau inférieur étant toujours $3 \times {}^3\Sigma$.

Tableau.

Passage $3 \times {}^3\Sigma \rightarrow$	$\nu_{\text{électr.}} (\nu_e)$calc. cm⁻¹	λ calculé. Å	Bandes observées (ou prédites).
$2 \times {}^3\Sigma + {}^1\Delta$...	7930	12610	Superposées aux bandes atmosphériques de
$2 \times {}^3\Sigma + {}^1\Sigma$...	13072	7650	l'oxygène.
$2 \times {}^1\Sigma + {}^3\Sigma$...	26144	3824	ν_e de la bande de Chalonge et M[me] Lefèvre?
$2 \times {}^1\Sigma + {}^1\Sigma$...	39216	2549	Bande de Hortby : maximum 2553.
$2 \times {}^1\Sigma + {}^1\Delta$...	34074	2934	Superposée à la bande de Hortby (inconnue).
$2 \times {}^1\Delta + {}^3\Sigma$...	15860	6304	Limite de la bande de Chappuis.
$2 \times {}^1\Delta + {}^1\Sigma$...	28932	3455	$\nu_{\text{électr.}}$ des bandes de Huggins.
$2 \times {}^1\Delta + {}^1\Delta$...	23790	4202	Inconnue?
$2 \times {}^1\Sigma - {}^1\Delta$...	18214	5489	Bande de Chappuis (composante).
$2 \times {}^1\Delta - {}^1\Sigma$...	2788	3μ,59	3μ,57 bande infrarouge (Nettner, Pohlmann et Schumacher).

(1) London, *Zeitschr. für Physik,* 50, 1928, p. 28; Eyring et Polanyi, *Zeitschr. für Phys. Chemie,* 12 B, 1931, p. 279.

(2) Ellis et Kneser, *Zeitschr. für Physik,* 86, 1933, p. 583.

II. 1° *Bande de Hartley*. — Le niveau supérieur correspondant à cette bande est $3^1\Sigma$ (ν_e correspondant au maximum de la bande). Cette bande ressemble à celles des molécules dites de Van der Waals. La distance entre le maximum et la limite de cette bande vers les courtes longueurs d'onde est égale à l'énergie de dissociation de O_3 en O_2 et O (soit Kcal. environ). D'après notre tableau, il doit se superposer à la bande de Hartley une autre bande de niveau supérieur $2\times{}^1\Sigma+{}^1\Delta$, dont ν_e correspondrait à à 2934 Å.

2° *Bande de Huggins*. — Le niveau supérieur correspondant est $2\times{}^1\Delta+{}^1\Sigma$. Il correspond à la limite du côté des grandes longueurs d'onde (3455 Å). Cette bande se prolonge vers les courtes longueurs d'onde et se superpose à la bande de Hartley. La limite de cette bande semble être indiquée par un abaissement du coefficient d'absorption de la bande de Hartley vers 2400 Å. Cette longueur d'onde correspond à une énergie voisine de l'énergie de dissociation de la molécule O_2 en deux atomes O^3P. D'après notre tableau, il doit se superposer à la bande de Huggins deux bandes correspondant à des niveaux supérieurs $3^1\Delta$ (ν_e correspondant à $\lambda=4202$ Å) et ${}^3\Sigma+2^1\Sigma$ (ν_e correspondant à $\lambda=3824$ Å). Cette dernière pourrait correspondre à l'absorption trouvée par M. Chalonge et Mme Lefebvre [3]. L'effet de température trouvé par M. Vassy pourrait être le résultat de la complexité de la bande de Huggins [4].

3° *Bande de Chappuis*. — Cette bande se montre complexe et pourrait provenir du passage à des niveaux supérieurs $2^1\Sigma+{}^1\Delta$ ($\nu^2=182.14\,\mathrm{cm}^{-1}$, $\lambda=5489$ Å) et $2\times({}^1\Delta+{}^3\Sigma)\nu_e=15860\ \mathrm{cm}^{-1}$ $\lambda=6304$ Å). Les positions des minima dans la bande de Chappuis fournissent des fréquences de vibration voisines de celles de la molécule O_3, trouvées d'après le spectre d'absorption dans l'infrarouge lointain.

4° *Bande infrarouge*. — La bande $3^\mu{,}59$ correspond au niveau supérieur $2^1\Delta-{}^1\Sigma$. Cette bande, dont la longueur d'onde a été trouvée égale à $3^\mu{,}57$ semble donc être également une bande électronique.

III. L'analogie de structure trouvée entre le spectre de l'ozone et de l'oxygène [1] s'expliquerait donc tout naturellement, les spectres d'absorption des trois polymères O_2, O_3 et $(O_2)_2$ comprenant les mêmes niveaux électroniques ${}^3\Sigma$, ${}^1\Delta$, ${}^1\Sigma$ (${}^3\Sigma=0$; ${}^1\Delta=7930$ cm; ${}^1\Sigma=13072$ cm).

---

(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 444.
(4) M. Vassy, *Thèse*, Paris, 1937.

OPTIQUE. — *Considérations théoriques sur le dichroïsme d'écoulement.* Note [1] de M. SERGE NIKITINE, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai montré [2] que si l'on orientait des molécules de colorants par écoulement d'une solution visqueuse, on pouvait observer un dichroïsme. Je me propose de développer dans cette Note quelques considérations théoriques sur le dichroïsme d'écoulement.

Une solution diluée d'un colorant est supposée comprise entre deux parois planes parallèles; l'une au repos, l'autre en translation uniforme parallèlement à elle-même. Soit $Oxyz$ un système d'axes rectangulaires tel que le plan xOz soit parallèle aux parois, l'axe Ox étant parallèle à la vitesse de la paroi mobile. Supposons les molécules dissoutes assimilables à des ellipsoïdes de révolution d'axes a, b et c $(b = c)$. Nous définirons l'orientation de l'axe de révolution a par rapport aux axes $Oxyz$ au moyen de deux angles : l'angle β que fait a avec Oz et l'angle α que fait le plan aOz avec Ox.

Le dichroïsme d'écoulement est dû d'une part à l'orientation anisotrope des axes a provoquée par l'écoulement, d'autre part au fait que les molécules de colorant absorbent la lumière comme des oscillateurs électriques linéaires amortis [3]. Si l'on considère un faisceau de lumière polarisé rectilignement de longueur d'onde absorbable par le colorant en solution, et se propageant suivant Oz, du fait du dichroïsme le coefficient d'absorption dépendra de la direction de vibration de la lumière. Il est maximum k_1 pour une direction 1 et minimum k_2 pour une direction perpendiculaire 2.

La probabilité d'absorption de la lumière par l'oscillateur associé à la molécule est proportionnelle à $\cos^2\psi$, où ψ est l'angle entre l'oscillateur et le vecteur électrique de la lumière. Si celle-ci vibre suivant 1 ou 2, les probabilités d'absorption seront proportionnelles à $\sin^2\beta\cos^2\omega$ et $\sin^2\beta\sin^2\omega$, où ω est l'angle que fait le plan aOz avec la direction 1.

Soient N le nombre de molécules du colorant par unité de volume, dN le nombre de molécules dont l'orientation des axes a est comprise entre β et $\beta + d\beta$, ω et $\omega + d\omega$. Soit enfin θ l'angle que fait l'oscillateur associé à la

---

[1] Séance du 22 novembre 1937.

[2] S. NIKITINE, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 124.

[3] S. J. WAWILOW et W. L. LEWSCHINE, *Zs. f. Phys.*, 16, 1923, p. 135, et F. PERRIN, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 581; *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 169.

molécule avec l'axe a. Les valeurs de k_1 et k_2 seront données par les formules

$$(1)\quad \begin{cases} k_1 = k_0\left[N\dfrac{\sin^2\theta}{2} + \left(1 - \dfrac{3}{2}\sin^2\theta\right)\displaystyle\int \sin^2\beta\cos^2\omega\, dN\right], \\ k_2 = k_0\left[N\dfrac{\sin^2\theta}{2} + \left(1 - \dfrac{3}{2}\sin^2\theta\right)\displaystyle\int \sin^2\beta\sin^2\omega\, dN\right], \end{cases}$$

où k_0 est un coefficient de proportionnalité et où les intégrales s'étendent à toutes les orientations. Le dichroïsme provient de la différence des coefficients ci-dessus,

$$(2)\quad k_1 - k_2 = \left[1 - \frac{3}{2}\sin^2\theta\right] k_0 \int \sin^2\beta\cos 2\omega\, dN.$$

Cette expression peut permettre d'interpréter les mesures du dichroïsme, si l'on connaît théoriquement dN en fonction de β, ω, a et b. Mais elle montre déjà que, quel que soit dN, le dichroïsme est nul si $\theta = \pi/3$.

Jeffery [1] a calculé le mouvement d'un ellipsoïde en suspension dans un solvant soumis aux conditions dont nous parlons ici, mais sans tenir compte du mouvement brownien. On peut déduire des calculs de Jeffery que les axes de symétrie de l'anisotropie d'orientation sont l'un parallèle, l'autre perpendiculaire aux parois, c'est-à-dire que les directions 1 et 2 sont les mêmes que les directions Ox et Oy. D'autre part on peut prévoir que l'état d'orientation ne dépend pas de la vitesse, mais seulement de a et b. J'ai pu effectivement observer [2] des régimes caractérisés par ces propriétés en opérant à de forts gradients de vitesses et dans des solutions de viscosité élevée.

Mais on éprouve des difficultés si l'on veut déduire des calculs de Jeffery la forme de dN. En effet, les calculs de Jeffery donnent tous les mouvements possibles d'un ellipsoïde, mais il serait imprudent de les considérer tous comme également probables et stables, sans une discussion approfondie que je me propose de faire ultérieurement. Je me bornerai à discuter ici le cas simple où les molécules de colorant diffèrent peu d'une sphère, c'est-à-dire b/a voisin de 1, cas dans lequel les calculs peuvent être conduits jusqu'au bout.

On peut déduire alors des calculs de Jeffery l'expression de dN. En posant $(1 - b/a) = \varepsilon$, on peut écrire

$$(3)\quad dN = \frac{N}{4\pi}[1 + \varepsilon\cos 2\alpha]\sin\beta\, d\beta\, d\alpha.$$

---

[4] *Proc. Roy. Soc.*, **102**, 1922-1923, p. 161.

en remarquant que $\omega = \alpha$ pour le régime correspondant aux calculs de Jeffery. Le calcul de l'intégrale (2) donne

$$k_x - k_y = \left(1 - \frac{3}{2}\sin^2\theta\right)\frac{Nk_0}{3}\varepsilon, \tag{4}$$

et, en divisant par $k_x + k_y$, on a l'expression de la quantité D, que l'on peut atteindre expérimentalement (²),

$$D = \left(1 - \frac{3}{2}\sin^2\theta\right)\frac{\varepsilon}{2}. \tag{5}$$

La discussion de cette relation peut donner des indications qualitatives sur la molécule du colorant étudié. D étant donné par la mesure du dichroïsme d'écoulement et de l'absorption, la formule (5) montre que ε ne peut être compris entre $-4D$ et $2D$. La connaissance de D permet donc de trouver des limites inférieures de la dissymétrie de la molécule.

Mais la discussion pourrait être faite d'une façon plus complète si l'on pouvait déterminer ε ou θ indépendamment de la mesure de D.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Fonction d'excitation de la réaction nucléaire* Be(α, n). *Possibilité de détermination de la masse du neutron par une méthode nouvelle.* Note [1] de MM. **Jean Crussard** et **Serge Gorodetzky**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Les travaux concernant l'étude du mécanisme de l'émission des neutrons utilisent divers moyens de détection. Aucun à notre connaissance n'a encore utilisé la désintégration du bore par les neutrons ralentis dans la paraffine. Ce procédé a des avantages divers. On a un bon rendement. Le fond continu des parasites peut être très réduit. Les rayons γ ne troublent pas les mesures. On est sûr de compter les neutrons individuellement.

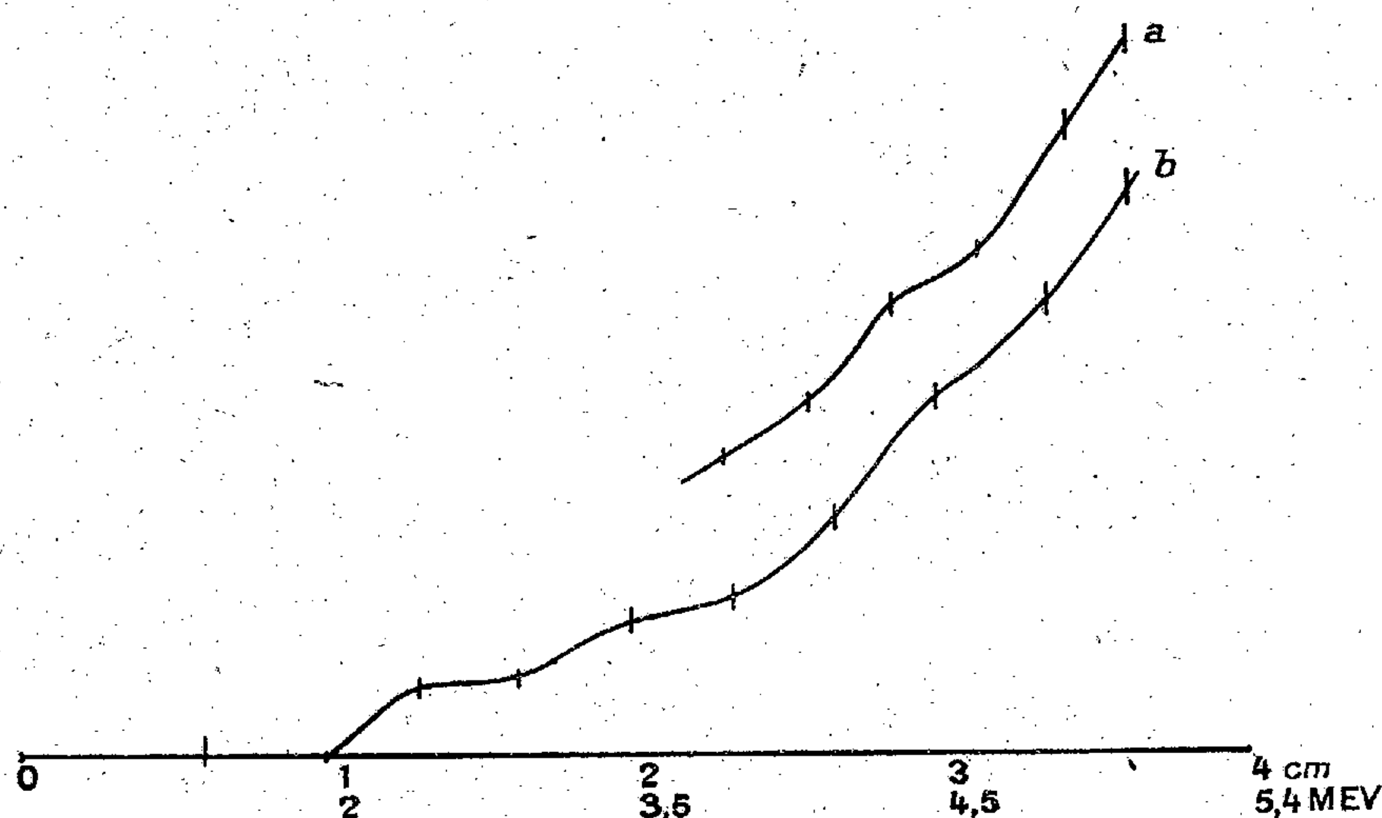
Le dispositif suivant a été utilisé : une préparation de polonium de 40000 U. E. S. environ est placée au centre d'une demi-sphère tapissée intérieurement d'une couche de beryllium. Cette couche absorbe entièrement les particules α incidentes. On peut faire varier la pression de l'air remplissant la demi-sphère. On commande ainsi la vitesse des particules α arrivant au Be et où elles donnent lieu à l'émission de neutrons. Les neutrons sont

---

(¹) Séance du 22 novembre 1937.

ralentis par de la paraffine; un certain nombre d'entre eux pénètrent dans une chambre d'ionisation, recouverte intérieurement de bore dont ils provoquent la désintégration. La tige centrale de la chambre est reliée à l'entrée de l'amplificateur proportionnel de M. Leprince-Ringuet (²).

On a fait deux séries de mesures. Dans une première série on a utilisé une demi-sphère de $2^{cm},8$ de diamètre et relevé la courbe dans la région des grandes énergies (*fig.* 1 *a*). Dans une deuxième série de mesures on a



utilisé une demi-sphère de 10^{cm} de diamètre et l'on a tracé toute la courbe (*fig.* 1 *b*). On a porté en abscisses le parcours restant des rayons α dans l'air à 15° et 760^{mm} Hg. On a repéré en même temps l'énergie correspondante en MEV (millions d'électronvolts). En ordonnées on a porté le débit des neutrons. L'erreur (le plus souvent très faible) est représentée conformément à l'usage. La courbe 1 *a* présente une légère inflexion vers 4,5 MEV.

En ce qui concerne la courbe 1 *b*, on observe un groupe de résonance vers 2,3 MEV, signalé déjà par différents auteurs, et peut-être un deuxième vers 3,5 MEV. L'inflexion vers 4,5 MEV est également retrouvée, et conduit à admettre l'existence d'*un maximum de l'émission des neutrons vers* 4,2 MEV (non encore observé à notre connaissance).

L'émission des neutrons n'est pas observable avant 2,1 MEV. La chute

(²) *Annales des P. T. T.*, 20, 1931, p. 480.

entre 2,5 et 2,1 MEV est très brusque, et le nombre des neutrons pour 2,1 MEV est réduit à moins de 5 pour 100 de la valeur à 2,5 MEV, à moins de 1 pour 100 de la valeur à 5,1 MEV. La faible importance du mouvement propre de l'appareil permet cette affirmation.

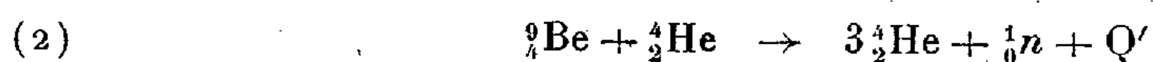
Si l'on écrit pour la désintégration du Be la formule habituelle



(1) $$^{9}_{4}\mathrm{Be} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{12}_{6}\mathrm{C} + ^{1}_{0}n + \mathrm{Q},$$

on constate que Q est positif, $\mathrm{Q} = 6\,\mathrm{MEV}$. La réaction est exoergique. Elle ne permet pas de comprendre pourquoi l'on n'observe pas de neutrons pour des énergies inférieures à 2,1 MEV.

Cependant Bohr, pour expliquer un certain nombre de faits dont la formule (1) ne rend pas compte, a proposé la formule



(2) $$^{9}_{4}\mathrm{Be} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow 3\,^{4}_{2}\mathrm{He} + ^{1}_{0}n + \mathrm{Q}'$$

(avec formation intermédiaire de $^{13}_{6}\mathrm{C}$ puis $^{8}_{4}\mathrm{B}$, instables).

La réaction (2) est au contraire de (1) endoergique. Elle permet de prévoir, si l'on connaît toutes les masses correspondantes, en particulier celle du neutron, l'énergie pour laquelle doit brusquement commencer l'émission des neutrons. En s'appuyant sur la valeur actuellement admise pour la masse du neutron, on obtient une valeur de Q′ en remarquable accord avec celle donnée par la courbe 1 *b*. Ceci donne un certain poids à l'hypothèse suivant laquelle la réaction a lieu suivant la formule (2). En admettant cette hypothèse, on peut inversement, Q′ étant donné par la courbe 1 *b*, en déduire la masse du neutron. *On aurait ainsi une méthode nouvelle de détermination de la masse du neutron.*

Cette méthode est précise : elle ne fait intervenir que deux masses. Elle présente de plus un avantage, car, au contraire des méthodes usuelles, elle ne nécessite pas la mesure, souvent laborieuse, de l'énergie des particules de désintégration de parcours maximum.

En admettant $\mathrm{Q}' = -2{,}1\,\mathrm{MEV} = 2{,}2.10^{-3}$ unité de masse. $^{9}_{4}\mathrm{B} = 9{,}01500$ $^{4}_{2}\mathrm{He} = 4{,}00408$, on obtient la masse du neutron : $^{1}_{0}n = 1{,}0090$, en excellent accord avec les dernières déterminations d'autres auteurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des hydroxydes alcalins dilués sur l'hydroxyde cuivrique*. Note (¹) de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Georges Urbain.

En 1799 Proust a remarqué qu'une solution concentrée de potasse dissout l'hydroxyde cuivrique, en se colorant en bleu (²). Ce fait a été depuis confirmé par de nombreux chercheurs (³), dont certains ont constaté que la soude se comporte de la même manière (⁴). D'autres ont étudié le phénomène quantitativement (⁵). Or tous ces auteurs ne parlent que de la dissolution du $Cu(OH)^2$ dans la soude ou dans la potasse concentrées (au-dessus de 2 N), sans que l'on sache comment agissent les hydroxydes alcalins dilués. Cependant il serait utile de connaître, surtout du point de vue des complexes organo-cuivriques, sous quelle forme et en quelle concentration le cuivre peut exister dans les solutions diluées de ces hydroxydes. C'est pourquoi j'ai cru intéressant de déterminer la solubilité de l'hydroxyde cuivrique dans le domaine des faibles concentrations en hydroxyde alcalin et d'examiner les propriétés électrochimiques et le spectre d'absorption des solutions obtenues.

I. Dans un tube à centrifuger on met des quantités variables d'eau, de solution de sulfate de cuivre et d'hydroxyde alcalin. Il est important d'ajouter l'hydroxyde alcalin en dernier lieu, autrement l'hydroxyde cuivrique précipité se redissout très difficilement. Le mélange est agité énergiquement pendant quelques secondes, puis centrifugé deux minutes à 6000 t/min, ce qui permet de déposer l'excès de $Cu(OH)^2$. Le liquide surnageant est immédiatement analysé. La solution formée n'est stable qu'en absence d'oxyde cuivrique (Chodnew, Müller), qui ne tarde pas à se former.

(¹) Séance du 22 novembre 1937.

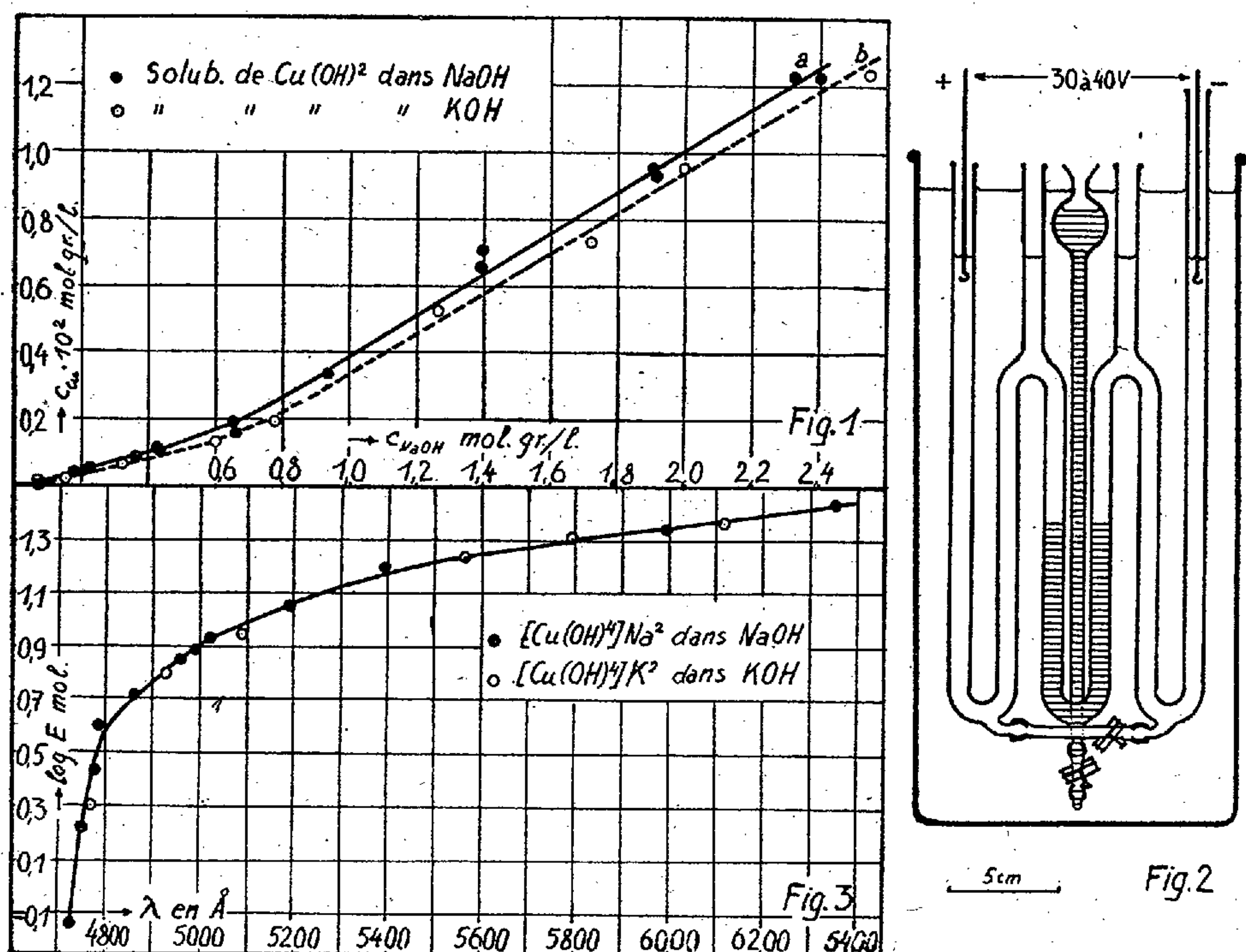
(²) Proust, *Ann. de Chim.*, 32, an VIII, 1799, p. 45; *Jour. de Phys.*, 59, an XII, 1805, p. 393; *Neues allg. J. d. Chem.*, 6, 1806, p. 552.

(³) E. Roloff, *Neues allg. J. d. Chem.*, 6, 1806, p. 439; A. Chodnew, *J. prakt. Chem.*, 28, 1843, p. 217; E. Müller, *Z. phys. Chem.*, 105, 1923, p. 73; H.-J. Creighton, *J. Am. chem. Soc.*, 45, 1923, p. 1237.

(⁴) A. Chodnew, *loc. cit.*; H. W. Fischer, *Z. anorg. Chem.*, 40, 1904, p. 39; V. Kohlschutter et J. L. Tüscher, *Z. anorg. Chem.*, 111, 1920, p. 193.

(⁵) G. S. Melbye, *Medd. Kgl. Vetenskapsakad. Nobelinst.*, 4, 1921, p. 1; E. Müller, *loc. cit.*

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 1. La courbe *a* se rapporte à la solubilité de $Cu(OH)^2$ dans la soude, la courbe *b* à la solubilité dans la potasse. Dans les deux bases les solubilités sont très voisines,



mais celle dans la potasse est légèrement plus faible. On remarque que même les solutions de soude ou de potasse très diluées contiennent des quantités non négligeables de cuivre. Ainsi à une solution 0,078 N de KOH correspond une concentration $0,014.10^{-2}$ N en cuivre. Celle-ci augmente avec la teneur en hydroxyde alcalin.

II. Des expériences qualitatives avec les solutions d'hydroxyde de rubidium et de cæsium ont montré que ces bases dissolvent également l'hydroxyde cuivrique.

III. Dans l'appareil à transport d'ions colorés (*fig.* 2), on peut facilement observer le déplacement vers l'anode de la limite entre la solution bleu de $Cu(OH)^2$ dans les hydroxydes alcalins et la solution d'hydroxyde alcalin surnageante. Le cuivre se trouve donc ici dans un complexe anionique, conformément aux constatations de Creighton [3]. D'après Scholder et

ses collaborateurs ([6]) à cet anion revient, dans la soude, la formule $[Cu(OH)^4]^{--}$.

IV. Les spectres d'absorption des solutions de $Cu(OH)^2$ dans la soude ou dans la potasse sont très voisins : absorption à partir de 4720 Å, s'étendant rapidement vers le rouge (*fig.* 3). L'identité des spectres prouve que dans les deux cas on a affaire au même anion complexe. Au sel de potassium, qui jusqu'à présent n'a pas été isolé ([6]), revient donc très vraisemblablement la formule $[Cu(OH)^4]K^2$, analogue à celle du sel de sodium, établie par Scholder ([6]). Des mesures colorimétriques ont montré que la loi de Beer-Lambert s'applique rigoureusement à ces solutions. L'anion complexe ne change donc pas de composition quelle que soit sa concentration.

J'ajouterai que j'ai appliqué de ces constatations à l'étude de la réaction du biuret.

PHYSICOCHIMIE. — *Polymérisation des gaz et équations d'état.* Note ([1]) de M. **Lévy Herman**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait que les équations d'état simples s'appliquent aux faibles pressions et aux températures supérieures à la température critique. Pour les fortes densités des gaz, les écarts entre les données expérimentales et les formules théoriques augmentent quand les volumes et les températures décroissent. J'ai tracé les courbes des constantes a et b de la formule de Van der Waals pour l'oxygène et l'azote. Les constantes a et b ont été obtenues en résolvant deux équations de Van der Waals relatives à deux états voisins du gaz (deux groupes voisins de valeurs p et pv). Les valeurs expérimentales admises étaient celles d'Amagat à 0° C. et entre 1 et 3000^{atm}. On trouve que b décroît constamment lorsque la pression croît; il en est de même de a. En réalité, on obtient une superposition de deux courbes se raccordant en deux points A et B.

Les écarts notables signalés ci-dessus, entre les valeurs expérimentales et celles obtenues par extrapolation à partir des pressions faibles pourraient

---

([6]) R. Scholder, *Z. anorg. Chem.*, 46, 1933, p. 509; R. Scholder, R. Felsenstein et A. Apel, *Z. anorg. Chem.*, 216, 1933, p. 138; R. Scholder, *Z. anorg. Chem.*, 220, 1934, p. 209.

([1]) Séance du 8 novembre 1937.

être dus surtout à la polymérisation qui augmente avec la pression. London, ainsi que Slater et Kirwood, ont montré d'autre part, pour l'hydrogène et l'hélium l'existence d'un minimum d'énergie potentielle dû à l'action mutuelle de deux molécules saturées et qui correspond à une molécule polymérisée stable (²). Wohl et Briegleb ont généralisé empiriquement cette théorie pour les autres gaz (³).

On peut tenir compte de ces écarts comme suit. Admettant la validité de l'équation de Van der Waals pour le gaz simple et pour le gaz polymérisé, mais avec des constantes différentes; tenant compte en outre de la relation entre les densités et les covolumes, on obtient l'expression suivante pour déterminer la concentration N_4 des molécules polymérisées en fonction du volume v occupé par une masse égale à la masse moléculaire du gaz simple

$$N_4^2(v-b)(v-3b_2)+N_4(b_2-b)(v+2b_2+b)-(b-b_2)^2=0,$$

b_2 et b étant respectivement le covolume du gaz sous faible et forte pression. Le terme relatif à l'attraction des molécules polymérisées a été négligé, ce qui paraît légitime, la polymérisation se produisant avec saturation des valences résiduelles.

Une vérification intéressante de cette relation a été effectuée pour les points A et B des courbes ci-dessus. Pour l'oxygène le point A se trouve au voisinage de 1350^{atm}. A cette pression l'équation (1) fournit la valeur $N_4=0,29$, $N_4 \neq N_2$ (⁴). Ce résultat est en accord satisfaisant avec les valeurs obtenues à partir des coefficients d'absorption des bandes de la molécule $(O_2)_2$. Ainsi pour la bande 4780 Å, si l'on extrapole vers les fortes pressions les valeurs de Shalow et Steiner relatives à la pression de 120 kg/cm², en admettant que le coefficient d'absorption varie comme le carré de la pression, on obtient pour N_4 la valeur 0,3.

Le point B se trouve au voisinage de 1650^{atm}. La valeur correspondante de N_4 est 0,38. Ici encore on a approximativement N_4 peu différent de N_2. Pour les substances pour lesquelles les données d'absorption manquent, le

---

(²) LONDON, *Zeit. f. Physik*, 63, 1930, p. 245; SLATER et KIRWOOD, *Phys. Rev.*, 2ᵉ série, 37, 1931, p. 682.

(³) K. WOHL, *Zeit. f. phys. Chemie* (B), 14, 1931, p. 37; BRIEGLEB, *ibid.*, 23, 1933, p. 105.

(⁴) Si l'on fait un choix légèrement différent de la constante b_2, ce point peut se trouver un peu déplacé et être voisin de l'état correspondant à des masses égales de molécules simples et polymérisées.

point singulier peut servir à déterminer la constante de la loi d'action de masse. Le calcul des concentrations N_4 et N_2 pour chaque pression peut fournir un meilleur accord entre les constantes des équations d'état observées et calculées.

II. *Teneur en molécules polymérisées à la pression atmosphérique.* — Pour les substances présentant un degré notable de polymérisation sous des pressions modérées (NO^2, NO, I, ...) des vérifications satisfaisantes ont été obtenues en admettant la loi des gaz parfaits ([5]) ou les relations de Van der Waals ([6]). Plus récemment M. Duclaux a obtenu des résultats analogues en admettant la loi d'action des masses. Ses calculs relatifs à l'oxygène fournissent des valeurs trop fortes ([7]) par suite de l'approximation admise dans les équations d'état où les forces d'attraction moléculaire sont négligées. Un meilleur accord peut être obtenu si l'on ne néglige pas cette attraction, au moins pour les molécules simples.

Le calcul relatif à la pression atmosphérique montre que la correction due au covolume de la molécule polymérisée est tout à fait négligeable, et N_4 peut être déterminé pratiquement par la relation

$$-N_4 = \frac{1}{RT}\left(P + \frac{a_2}{V^2}\right)(v - b_2) - \frac{vD}{M_2},$$

a et b étant les constantes de Van der Waals pour la molécule simple, v et D, le volume et la densité de l'oxygène. La constante b a été prise égale à 46 cm.mol^{-1}. Pour a nous avons admis la valeur théorique moyenne de London :

$$a = 120,8.10^4 \text{ atm.cm.mol}^{-1} \text{ ([8])}.$$

On trouve $2N_4 : N = 2.10^{-4}$. Les valeurs de la teneur en $(O_2)_2$ obtenues à partir des mesures des coefficients d'absorption de l'oxygène liquide et gazeux ([9]) sous des pressions de 1 à 10 kg/cm^2 fournissent pour les bandes 5780 Å et 4780 Å les valeurs $2N_4/N = 1,8$ et $2,3.10^{-4}$. L'accord semble satisfaisant. Il faut toutefois remarquer que les valeurs du rapport $2N_4/N$ sont voisines de la précision avec laquelle on connaît R par exemple. Il est donc illusoire de rechercher de la précision pour les faibles pressions. Seul, l'ordre de grandeur de la teneur en molécules polymérisées se vérifie de façon satisfaisante.

([5]) WINKELMANN, *Handbuch der Physik*, vol. 2, 1896.

([6]) SWART, *Zeit. f. phys. Chemie*, 7, 1891, p. 120.

([7]) J. DUCLAUX, *Jour. de Physique*, 7e série, 8, 1937, p. 277.

([8]) En général c'est la valeur de a de Slater et Kirwood qui s'accorde le mieux avec les valeurs obtenues par l'étude du *second coefficient de viriel;* il y a exception pour l'oxygène pour lequel la relation de London donne un bien meilleur accord (voir WOHL, *loc. cit.*, tab. 9).

([9]) GUILLIEN, *Thèse*, Paris, 1937; L. HERMAN et R. HERMAN, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2064.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur une nouvelle conception de l'inertie chimique.* Note [1] de M. **Paul Renaud**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans ses études sur les axiomes de la mécanique, Paul Painlevé [2] a montré que le principe de l'inertie fut obtenu par des études sur les relations du déterminisme et des changements de système de références.

La continuation d'un mouvement dans sa direction primitive est une conséquence du principe de Curie. Mais, comme l'a montré Painlevé, ce principe ne renseigne pas sur le rapport des grandeurs de la vitesse d'arrivée d'un mobile en un point et sa vitesse de départ. Ces deux vitesses ont été considérées comme égales pour des raisons de simplicité.

On peut étudier de plus près la question [3] au moyen de la généralisation de ce principe, et montrer que ces raisons de simplicité sont analogues à celles données par le principe de Curie, relativement à la direction du mouvement. On peut alors chercher à transposer ce raisonnement dans le domaine chimique. Les conceptions ainsi obtenues diffèrent un peu des conceptions actuelles. Elles présentent quelques difficultés, exactement analogues à celles du principe mécanique de l'inertie. Ceci provient de ce qu'elles sont bien plus une représentation, un symbole élémentaire de mouvement, un élément de mouvement, qu'une explication de ce mouvement.

Depuis l'introduction du principe de l'inertie, l'étude d'un mouvement consiste à rechercher quelle part doit être attribuée à ce schéma élémentaire. La définition de la force d'inertie permet d'atteindre ce résultat quantitativement. Elle permet de corriger cette représentation quand elle est insuffisante, en introduisant les forces nécessaires pour interpréter les accélérations.

Lorsqu'on veut étudier une courbe au voisinage d'un point, on peut prendre comme axe la tangente en ce point x, y, z, dont la direction est dx, dy, dz. Le principe de l'inertie incite à comparer le mouvement d'un point matériel, au point-temps x, y, z, t, au mouvement tangent ayant la direction dx, dy, dz, dt défini par le principe de l'inertie.

---

(1) Séance du 12 novembre 1937.

(2) *Les axiomes de la Mécanique*, Paris, 1922.

(3) Paul Renaud, *Analogies entre les principes de Carnot, Mayer et Curie*, Paris, 1937.

On étudie méthodiquement la variation du mouvement réel par rapport à ce mouvement simple.

C'est une conception analogue, qui est beaucoup plus un mode de représentation qu'une explication, que je me propose de développer relativement à l'inertie chimique.

Les chimistes utilisent l'expression *inertie chimique* à propos de la paralysie d'une réaction, et non à propos de la continuation d'une réaction commencée. Or l'étude de la question, dans l'esprit indiqué précédemment, montre que l'on peut considérer une inertie chimique analogue à l'inertie mécanique, en ce sens qu'elle comporte, non pas l'arrêt, mais la continuation d'une réaction chimique commencée en phase homogène. Il faut en effet l'intervention d'une cause extérieure, par exemple une opération compliquée, ou intérieure, telle qu'un équilibre, pour arrêter une réaction, tandis qu'il suffit, en général, qu'elle ait commencé pour qu'elle continue.

Le schéma élémentaire d'une réaction chimique, en phase homogène, est donc analogue à celui de l'inertie mécanique. De même qu'un mouvement mécanique continue parce qu'il a commencé, une réaction chimique continue parce qu'elle a commencé. L'une des causes de l'évolution ultérieure est l'évolution antérieure.

L'étude des réactions réelles se fera en recherchant quelle part on doit faire à ce schéma élémentaire, quelles sont les accélérations qu'il subit, dans chaque cas particulier. On cherchera à les grouper en cas analogues, comme on a groupé les forces en forces d'origine électrique, etc.

Considérons un milieu A évoluant vers un milieu B. Supposons que le passage de l'un à l'autre se fasse par l'enrichissement en B du mélange contenant A et B, avec coexistence de la substance transformée B et de la substance non transformée A. Dire que la vitesse d'évolution de A est constante, c'est dire que la proportion de matière qui, à chaque instant, évolue de A en B est proportionnelle à A.

Le cas de réaction le plus simple est donc celui où A évolue vers B sans que B ait une action sur cette évolution. C'est le cas des transformations radioactives simples, c'est aussi le cas des réactions chimiques du premier ordre.

Cette nouvelle conception de l'inertie chimique conduit donc à comparer une évolution chimique quelconque, en phase homogène, à l'évolution tangente de premier ordre et à classer les causes des écarts indiqués par l'expérience.

On sait que, dans le cas élémentaire, si x est la concentration en poids

de A dans le mélange, x est relié au temps par l'expression

$$-\mathrm{L}x = v_0(t - t_0).$$

Si l'on choisit convenablement l'origine et que l'on pose $y = -\mathrm{L}x$, il vient $y = v_0 t$.

Quelle que soit la fonction $y = f(t)$ représentant une évolution réelle, il existe, à chaque instant, une évolution de premier ordre qui lui est tangente, c'est-à-dire telle que y, t, dy, dt soient communs. La nouvelle conception de l'inertie chimique conduit à comparer l'évolution réelle à l'évolution tangente, comme la conception mécanique incite à comparer un mouvement réel à son mouvement tangent.

CHIMIE MINÉRALE. — *Bleu de molybdène cristallisé.* Note de M. **Victor Auger**, transmise par M. Georges Urbain.

Les sous-oxydes hydratés connus sous le nom de *bleus de molybdène* n'ont été jusqu'ici obtenus qu'à l'état amorphe. Il faut mentionner toutefois un travail de G. Marchetti [1], qui a cru obtenir, par réduction électrolytique d'une solution chlorhydrique de MoO^3, un oxyde bleu $Mo^3O^8, 5H^2O$, cristallisé. Comme l'étude cristallographique n'a pu être faite que sur un seul échantillon, et que les mesures effectuées n'ont même pas permis, *vu le mauvais état des faces cristallines*, de calculer les constantes du cristal, probablement triclinique, et que d'autre part divers chimistes n'ont pu reproduire ce composé, son existence est restée jusqu'ici problématique.

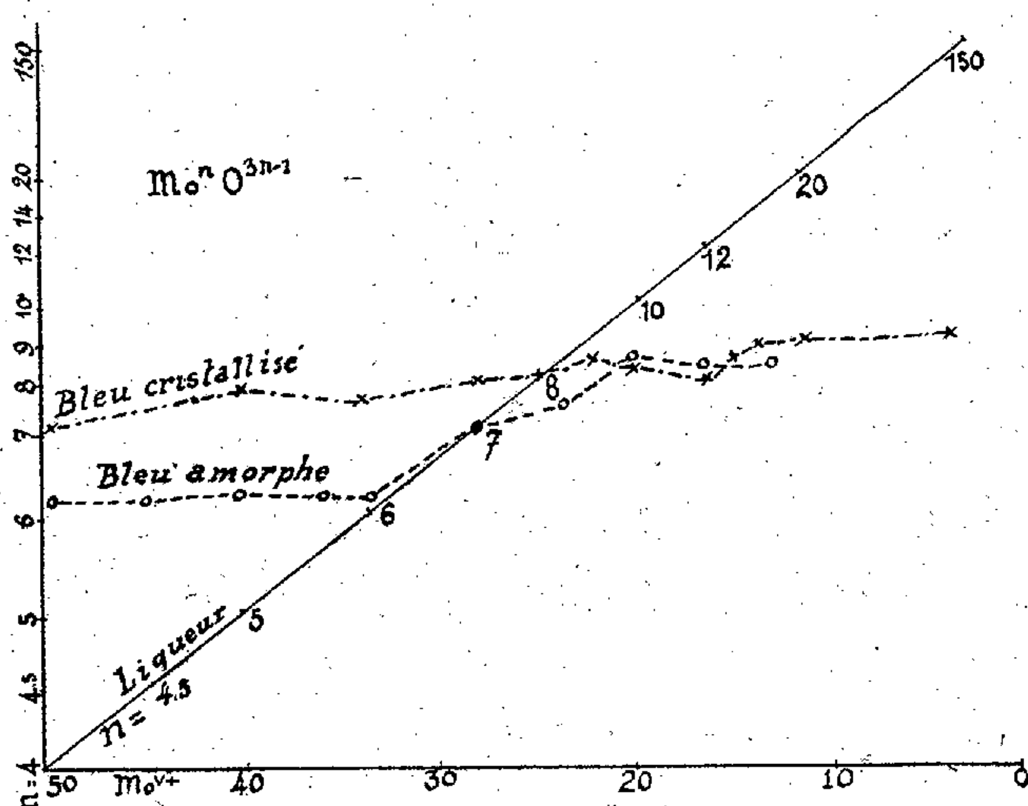
Il m'a été possible d'obtenir, sous la forme cristalline, un hydrate bleu d'oxyde de molybdène, par la réaction même qui donne naissance au bleu amorphe, c'est-à-dire avec un mélange des solutions chlorhydriques de Mo^{V} et de Mo^{VI}, en opérant avec des liqueurs fortement acides, diluées tout juste assez pour que l'apparition du produit solide n'ait lieu qu'après un ou plusieurs jours. Au début de leur apparition, les cristaux formés, examinés sous un fort grossissement, se présentent en carrés noirs opaques, ou en croix de couleur bleu foncé, qui s'empâtent peu à peu aux angles par l'apport de nouvelles parties cristallines, et finissent souvent par s'arrondir. Si on les écrase, ils se fragmentent en petites aiguilles bleues transparentes.

Préparation. — A. *Solution de* Mo^{VI}. — On dissout à chaud MoO^3 en

(1) *Zeit. f. anorg. Chem.*, 19, 1899, p. 391.

ClH concentré. Elle contient au centimètre cube environ 0g,52 de MoO^3 et 0g,38 de ClH réel.

B. *Solution de* Mo^V. — On réduit au bain-marie 1 volume de la solution précédente, par un excès de Mo en poudre; la solution rouge obtenue sera diluée par l'eau à 2,4 volumes. On mélange un volume de A et 1,5 volume de B, et l'on y ajoute environ 0,6 volume de ClH concentré pour faire virer la couleur rouge au vert; le mélange est additonné d'eau jusqu'au virage couleur café; il faut pour cela en doubler à peu près le volume. La solution est maintenue à la température ambiante à l'abri de l'air pour éviter l'oxy-



dation : les cristaux de bleu se déposent après un temps très variable : de un jour à plusieurs semaines, et si la solution est un peu trop acide, ils peuvent n'apparaître qu'au bout d'une année. L'addition d'une amorce de bleu cristallisé favorise le dépôt du produit solide. Avec les proportions employées, la liqueur se décolore totalement lorsque la réaction est terminée; il suffit de laver les cristaux à l'eau saturée de CO^2, puis à l'alcool, et enfin de les sécher à la température ordinaire dans un courant de CO^2 sec.

Le bleu cristallisé se forme aussi bien dans des solutions contenant un fort excès de Mo^V que dans celles où le Mo^{VI} prédomine. L'analyse des produits obtenus a été effectuée comme pour le bleu amorphe; les résultats en sont consignés sur le graphique ci-dessus, où l'on a porté la composition du liquide primitif et celle des cristaux qui s'y sont déposés.

On voit que, pour une variation de composition de la liqueur, de Mo^4O^{11}

à $MO^{150}O^{449}$, les cristaux formés varient de $Mo^{7}O^{20}$ à $Mo^{9}O^{26}$; entre les valeurs $Mo^{5}O^{14}$ et $Mo^{12}O^{35}$, ils possèdent exactement la formule $Mo^{8}O^{23}$. Nous avons tracé dans le même tableau la courbe exprimant la variation de composition du bleu amorphe après dilution de liqueurs chlorhydriques variant de $Mo^{4}O^{11}$ à $Mo^{15}O^{44}$. Il semble, en comparant ces courbes, que la composition du bleu amorphe se rapproche peu à peu de celle du bleu cristallisé à mesure que la liqueur est plus riche en Mo^{VI}, mais c'est seulement une apparence, car nous avons montré dans la Note précédente (²), que le bleu amorphe qui se dépose d'une telle solution contient un excès de MoO^{3} qu'on peut séparer du bleu en dissolvant ce dernier dans l'alcool amylique; la formule des produits ainsi purifiés se trouve ramenée à $Mo^{6,4}O^{18}$ environ, il est probable qu'à un degré moindre, le bleu cristallisé fixe une petite quantité du MoO^{3} en excès, ce qui fait passer la formule de $Mo^{8}O^{23}$ à $Mo^{9}O^{26}$, mais nous n'avons pu trouver un mode de purification convenable.

Il serait prématuré de donner à ce produit, dont l'étude ne fait que débuter, une formule de constitution; en tenant compte de son mode de formation, on pourrait le considérer comme un complexe salin formé par la réaction du bleu amorphe jouant le rôle de base, avec un acide dimolybdique, d'après



$$Mo^{2}O^{7}H^{2} + 2(MoO^{2}OH.2MoO^{3}) = Mo^{2}O^{7}(MoO^{2}, 2MoO^{3})^{2} + 2H^{2}O.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques combinaisons d'addition des diphénols.* Note de Mlle **Yvonne Garreau**, transmise par M. Georges Urbain.

Un mélange alcalin d'hydroquinone, de SO^{2} et d'éthylènediamine ne s'oxyde que très lentement au contact de l'air et je n'ai pu isoler, dans ces conditions, des dérivés sulfonés et aminés de l'hydroquinone, comme dans le cas de l'ammoniaque ou des mono-amines primaires (¹). Par contre j'ai observé la formation d'un sel cupri-di-éthylènediammonique de l'hydroquinone. De telles combinaisons n'ayant pas été signalées, il m'a paru intéressant d'étendre ce résultat à d'autres métaux, ainsi qu'à la résorcine.

Préparation. — A. *En milieu dilué.* — A une solution contenant : éthy-

---

(²) V. Auger et Mlle N. Ivanoff, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1180.

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1570 et précédentes.

lènediamine 1,2 mol-g; SO^2 0,5 mol-g; hydroxyde métallique 0,07 mol-g par litre, on ajoute 0,17 mol-g de diphénol.

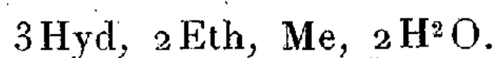
B. *En milieu plus concentré.* — A une solution contenant : éthylènediamine 3,2 mol-g; SO^2 1,3 mol-g; hydroxyde métallique 1,2 mol-g par litre, on ajoute 0,9 mol-g de diphénol.

Au bout d'un temps variant de quelques minutes à plusieurs heures, de beaux cristaux se déposent.

Produits obtenus. — La composition des produits obtenus par le procédé A est indiquée dans le tableau ci-dessous en utilisant des abréviations évidentes, qui n'explicitent pas qu'un certain nombre d'atomes d'hydrogène sont remplacés par des atomes de métal. Les deux combinaisons marquées d'un astérisque ont été obtenues avec le procédé B.

	Hydroquinone.	Résorcine.
Cu.....	3 Hyd., 2 Eth., Cu, 2 H^2O	*Rés., 2 Eth, SO^3Cu, H^2O
Zn.....	3 Hyd., 2 Eth., Zn, 2 H^2O	Néant
Cd.....	3 Hyd., 2 Eth., Cd, 2 H^2O	Néant
Ni.....	*6 Hyd., 7 Eth., 4 SO^3Ni, 8 H^2O	Néant

Discussion. — Les produits obtenus avec l'hydroquinone et le cuivre, le zinc ou le cadmium, correspondent à la formule générale

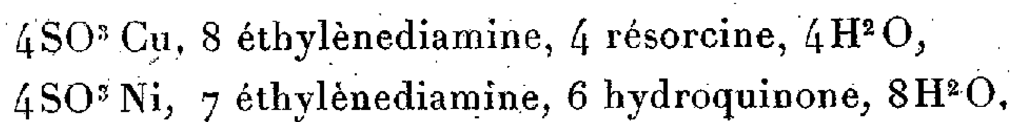


3Hyd, 2Eth, Me, $2H^2O$.

Ils ne contiennent qu'une très faible quantité de soufre ($<$ 0,03 pour 100) qui peut être considérée comme provenant des eaux mères entraînées mécaniquement. Enfin, dans le cas de l'hydroquinone et du zinc, j'ai vérifié que c'est le même composé qui a pris naissance avec l'une et avec l'autre des concentrations A et B employées. Il est donc vraisemblable que ce sont là des composés définis. Pour résoudre cette question en ce qui concerne les deux autres produits, il y aurait lieu de faire une étude plus approfondie.

Si l'on compare les combinaisons obtenues avec l'hydroquinone et Cu, Zn ou Cd, à celle obtenue avec la résorsine et Cu, on voit que l'hydroquinone paraît se comporter comme un monoacide.

D'autre part la combinaison obtenue avec l'hydroquinone et le nickel est analogue à celle obtenue avec le cuivre et la résorcine, mais, comme il est visible dans les formules ci-dessous, une molécule d'éthylènediamine est remplacée par deux molécules de diphénol :



$4SO^3Cu$, 8 éthylènediamine, 4 résorcine, $4H^2O$,

$4SO^3Ni$, 7 éthylènediamine, 6 hydroquinone, $8H^2O$.

Ceci amène l'hypothèse que les molécules d'hydroquinone ou de résorcine qui ne servent pas à salifier le métal sont fixées coordinativement sur lui, la coordinence du diphénol étant 1 et celle de l'ion métallique 5.

3 Hydr., 2 Eth., Cu, $2H^2O$. Grosses paillettes bleues s'altérant lentement à l'air; solubles dans l'eau et l'alcool, mais en se décomposant.

Analyses. — C % 47,87; H % 6,60; N % 10,20; Cu % 11,54; S % 0,00; hydroquinone % 58,55 (calculé pour $C^{22}H^{36}O^8N^4Cu$: C % 48,18; H % 6,62; N % 10,22; Cu % 11,60; hydroquinone % 60,1).

3 Hydr., 2 Eth., Zn, $2H^2O$. Prismes monocliniques incolores formant des mâcles, peu solubles dans l'eau froide, décomposés par l'eau chaude.

Analyses. — C % 47,93; H % 6,58; N % 10,32; Zn % 11,91; hydroquinone % 58,7 (calculé pour $C^{22}H^{36}O^8N^4Zn$: C % 48,03; H % 6,60; N % 10,19; Zn % 11,89; hydroquinone % 60,05).

3 Hydr., 2 Eth., Cd, $2H^2O$. Gros prismes monocliniques incolores peu solubles dans l'eau froide, décomposés par l'eau chaude.

Analyses. — C % 43,87; H % 6,04; N % 9,58; Cd % 18,64; S % 0,03 (calculé pour $C^{22}H^{36}O^8N^4Cd$: C % 44,30; H % 6,08; N % 9,39; Cd % 18,84).

6 Hydr., 7 Eth. $4SO^4Ni$, $8H^2O$: Prismes violets solubles dans l'eau.

Analyses. — C % 33,79; H % 6,54; N % 10,98; S % 7,42; Ni % 13,04; hydroquinone % 37,38 (calculé pour $C^{50}H^{108}O^{32}N^{14}S^4Ni^4$: C % 33,73; H % 6,07; N % 11,01; S % 7,20; Ni % 13,18; hydroquinone % 37,11).

Rés., 2 Eth., SO^4Cu, H^2O. Petits prismes rhombiques violets facilement solubles dans l'eau.

Analyses. — C % 31,14; H % 5,67; N % 14,27; S % 8,45; Cu % 16,22; Résorcine % 27 (calculé pour $C^{10}H^{24}O^6N^4SCu$: C % 30,62; H % 6,17; N % 14,30; S % 8,18; Cu % 16,22; Résorcine % 28,8).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les valences du carbone.*

Note de M. **René Truchet**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'atome de carbone peut exister sous plusieurs formes, dont les principales sont :

1° Une forme tétraédrique, la plus stable de toutes, dans laquelle les 4 électrons de valence jouent exactement le même rôle. La liaison avec d'autres éléments (carbone par exemple) ne se fait jamais, dans ce type-là, que par des liaisons simples, dans lesquelles les spires des électrons correspondants sont antiparallèles. L'ensemble est donc neutre au point de vue magnétique. Les atomes ainsi liés peuvent tourner l'un par rapport à l'autre autour de la droite de valence.

2° Une forme plane, qui intervient dans toutes les doubles liaisons. Elle

comporte 3 valences à 120° l'une sur l'autre, de même nature que les valences tétraédriques (valences de première espèce), et une quatrième valence de nature différente. L'électron correspondant gravite de part et d'autre du plan des 3 valences de première espèce. Il tend à s'accoupler avec un ou plusieurs autres électrons de même nature. Il y a ainsi formation soit de couples, soit d'essaims électroniques, et ceux-ci sont particulièrement stables lorsqu'ils ont une symétrie élevée. Le couplage de deux électrons de cette nature se fait sans qu'il y ait neutralisation complète des spins. La molécule possède donc un moment magnétique (électron de deuxième espèce).

Une molécule telle que CHCl = CHCl doit donc être envisagée comme formée de 2 atomes de carbone plan, unis par une valeur ordinaire de première espèce. Les plans des deux carbones peuvent tourner l'un par rapport à l'autre. Mais l'énergie potentielle du système dépend de l'angle de ces deux plans par suite du couplage des électrons de deuxième espèce. Elle passe par deux minima lorsque ces plans sont confondus (angle de 0° ou 180°). On retrouve ainsi l'isomérie *cis-trans*.

Ce schéma rend compte :

1° du déplacement des bandes d'absorption vers le visible quand on passe des dérivés saturés aux éthyléniques. Les électrons de deuxième espèce moins fortement liés que ceux de première espèce (qui interviennent seuls dans les dérivés saturés), entrent en vibration plus facilement. De plus, on prévoit une analogie entre le spectre d'une molécule éthylénique (C^2H^4) et le spectre d'un atome à deux électrons de valence (Ba, Ca, Sr), compte tenu des phénomènes de vibration et vibration rotation qui viennent se superposer au phénomène électronique dans le cas de l'éthylénique;

2° du rapprochement des atomes de carbone et de l'augmentation de fréquence des vibrations de valence quand on passe d'une simple liaison à une double liaison : la paire d'électrons de deuxième espèce créant un lien qui vient s'ajouter à la liaison de première espèce;

3° des propriétés magnétiques spéciales des éthyléniques : le paramagnétisme dû à la double liaison masquant partiellement le diamagnétisme des autres parties de la molécule.

4° de la facilité avec laquelle se font les isomérisations *cis-trans* : la libre rotation autour de la liaison de première espèce n'est empêchée que par le couplage des électrons de deuxième espèce, que l'on peut comparer à des ressorts tendant à appliquer l'un sur l'autre les plans des deux atomes de carbone;

5° des propriétés d'addition spéciales aux doubles liaisons, qui sont dues aux électrons de deuxième espèce et à la tendance qu'a le carbone à reprendre la forme tétraédrique.

Enfin les différentes théories qui ont été émises depuis quelques années pour rendre compte des isomérisations ou des réactions anormales des éthyléniques (Ingold, Prévost et Kirrmann) rentrent avec facilité dans le cadre proposé : les électrons de deuxième espèce, doués d'une grande mobilité, peuvent être rendus responsables des déplacements de charge que postulent ces théories.

De plus on peut expliquer les isoméries allylriques, ainsi que les propriétés spéciales des érythréniques sans faire appel à notion d'ions.

Avec cette théorie le noyau benzénique est représenté par un hexagone régulier au centre duquel se trouve un essaim de six électrons de deuxième espèce, essaim à symétrie élevée, particulièrement stable, magnétiquement neutre (comparer aux six électrons des sous-couches *p* des divers atomes). Ces électrons n'appartiennent plus en propre à aucun carbone : ils forment un tout, qui donne à la molécule sa physionomie particulière. On ne peut donc pas parler de doubles liaisons dans le noyau benzénique : on a un phénomène nouveau. On comprend que les propriétés non saturées soient peu marquées et qu'il y ait une énorme différence entre le cyclo-hexadiène (analogue à un érythrénique) et le benzène.

Le cas du cyclooctatétraène de Wöllstäter, totalement différent du benzène, s'explique facilement. La molécule de ce corps n'est pas plane. La seule forme possible compatible avec les hypothèses proposées pour le carbone est formée de deux tronçons qui sont dans des plans différents, à 120° l'un sur l'autre. Il ne peut s'établir de résonance dans ce système qui doit être comparé à deux groupements érythréniques (avec en plus une torsion pour les carbones qui sont sur l'arête du dièdre). Les propriétés d'addition sont très marquées.

La même théorie rend compte des propriétés des autres carbures aromatiques à noyaux condensés : naphtalène, anthracène, phénanthrène, etc., 10 et 14 électrons de deuxième espèce. Comparer aux sous-couches *d*, *f*, des atomes).

S'appuyant sur les résultats d'Hückel relatifs au triphénylméthyle, elle permet d'expliquer simplement les propriétés spéciales des 9.10 diarylanthracène et des rubènes.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur un cas de polymorphisme par passage progressif d'un arrangement cristallin à un autre plus symétrique, observé sur la leucite.* Note de M. **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Mauguin.

J'ai montré (¹) que les cristaux naturels de leucite $KAlSi^2O^6$, d'apparence cubique, sont en réalité constitués par des cristallites quadratiques associés suivant des lois géométriques précises, telles que les prévoit la théorie des macles de Mallard et G. Friedel.

Un pinceau de rayons X (K_α du cuivre), frappant les faces du pseudocube, donne toujours deux taches de diffraction, mettant ainsi en évidence deux systèmes de plans réticulaires (100) et (001) des cristallites quadratiques dont les périodes sont

$$a = 12{,}95\ \text{Å}, \qquad c = 13{,}65\ \text{Å}.$$

Il résulte des travaux de C. Klein (1884) et des nombreux expérimentateurs qui l'ont suivi, que les anomalies optiques de la leucite disparaissent à haute température; le minéral serait alors cubique. La température de la transformation, déterminée par la perte de la biréfringence, est très différente, suivant les auteurs (430° Klein, 500° Tschermak, 560° Mügge, 714° F. Rinne et R. Kolb).

J'ai déterminé, au moyen des rayons X, les modifications du réseau cristallin sous l'action de la chaleur en me servant du dispositif suivant. Le cristal est collé, par un ciment réfractaire, à une mince tige de silice montée sur un spectrographe à rayons X. Un petit four électrique, tube de silice calorifugé dans lequel est enroulée une résistance électrique, est disposé verticalement au-dessus du cristal, suivant l'axe de rotation du spectrographe. Un courant d'air, de débit constant, traverse le four et baigne le cristal. On peut réaliser avec cet appareil des clichés de cristal tournant, où le cristal, de petites dimensions, est porté à des températures pouvant atteindre 800°, qu'on peut préciser à quelques degrés près.

On observe, sur les diagrammes, pris à des températures de plus en plus élevées, une diminution progressive de l'intervalle qui sépare les deux taches de diffraction (100) et (001) des cristallites quadratiques. Ces deux taches deviennent très voisines, puis se confondent à 625°. A partir de

---

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 938.

cette température les diagrammes se simplifient : le cristal hétérogène, formé de cristallites quadratiques, est devenu homogène et cubique.

La différence (c-a), entre les deux périodes principales de la maille quadratique, diminue d'abord linéairement en fonction de la température, puis plus rapidement à partir de 575°. Voici quelques valeurs de (c-a) pour différentes températures :

T.	20°.	290°.	440°.	520°.	625°.
c-a, en Å	0,70	0,55	0,45	0,37	0

Les valeurs suivantes des paramètres aux diverses températures montrent que le phénomène consiste en une contraction progressive des cristallites dans la direction de leur axe quaternaire, en une dilatation dans les directions perpendiculaires.

T.	20°.	290°.	520°.	625°.	750°.
a, en Å	12,95	13,08	13,18	13,40	13,45
c, en Å	13,65	13,63	13,55	13,40	13,45

Par refroidissement, le cristal repasse par les mêmes états sans retard appréciable. Les périodes principales des cristallites sont uniquement fonction de la température. Je n'ai pas retrouvé trace de l'hystérésis signalée par F. Rinne et R. Kolb ([2]).

Ainsi, alors que les transformations polymorphiques réversibles se réalisent habituellement de façon discontinue, à une température où deux variétés cristallines peuvent coexister en équilibre, la leucite passe d'une façon continue de la forme quadratique à la forme cubique.

La transformation commence dès la température ordinaire, comme le montrent les valeurs anormalement grandes des coefficients de dilatation, calculées entre 20° et 520° où la dilatation est sensiblement linéaire (35.10^{-6} pour a, -15.10^{-6} pour c); elle s'accélère à partir de 575° pour se terminer à 625°.

La transformation se fait avec une absorption de chaleur qui peut être révélée, dans sa partie accélérée, par une analyse thermique différentielle, pourvu que celle-ci soit réalisée avec une vitesse d'échauffement suffisamment grande. Avec une élévation de température de 800° en 45 minutes, on obtient une courbe qui présente, entre 575° et 625°, une sinuosité mettant en évidence une absorption appréciable de chaleur. Avec un refroidissement de même vitesse on observe, dans le même intervalle de tempéra-

([2]) *N. Jb. Mineralogie*, 1910, II, p. 154.

ture, une sinuosité manifestant un dégagement de chaleur; la réversibilité du phénomène, qu'indiquent les diagrammes de rayons X, est, ici aussi, nettement révélée. Pour des vitesses d'échauffement et refroidissement un peu plus lentes, les sinuosités entre 575° et 625° s'atténuent; elles disparaissent pour une vitesse d'échauffement et de refroidissement de 800° en 100 minutes, ce qui n'aurait pas lieu si la transformation comportait une discontinuité nette.

GÉOLOGIE. — *Le Trias et le Lias de Menaa, dans l'Aurès (Algérie).* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Trias de Menaa (Aurès), figuré pour la première fois, en 1934, sur la feuille géologique au 1/500000e Constantine-Nord avec un tracé schématique, est représenté par des argiles bariolées, des gypses et des dolomies non fossilifères. Ce Trias est situé (voir la figure) sur le flanc nord-ouest de l'anticlinal du Dj. el Azereg, formé lui-même par une série complète, depuis le Kimeridgien jusqu'au Lutétien, relevée à la verticale et dont l'épaisseur atteint 6km.

Le cœur de l'anticlinal est formé par le Kimeridgien inférieur ployé en voûte. Le Trias qui n'affleure pas sur l'axe même du pli n'entre donc pas en contact avec cette assise; par contre, aux environs du village de Narah, il constitue un affleurement dans les marnes kimeridgiennes supérieures au contact des dolomies du Portlandien.

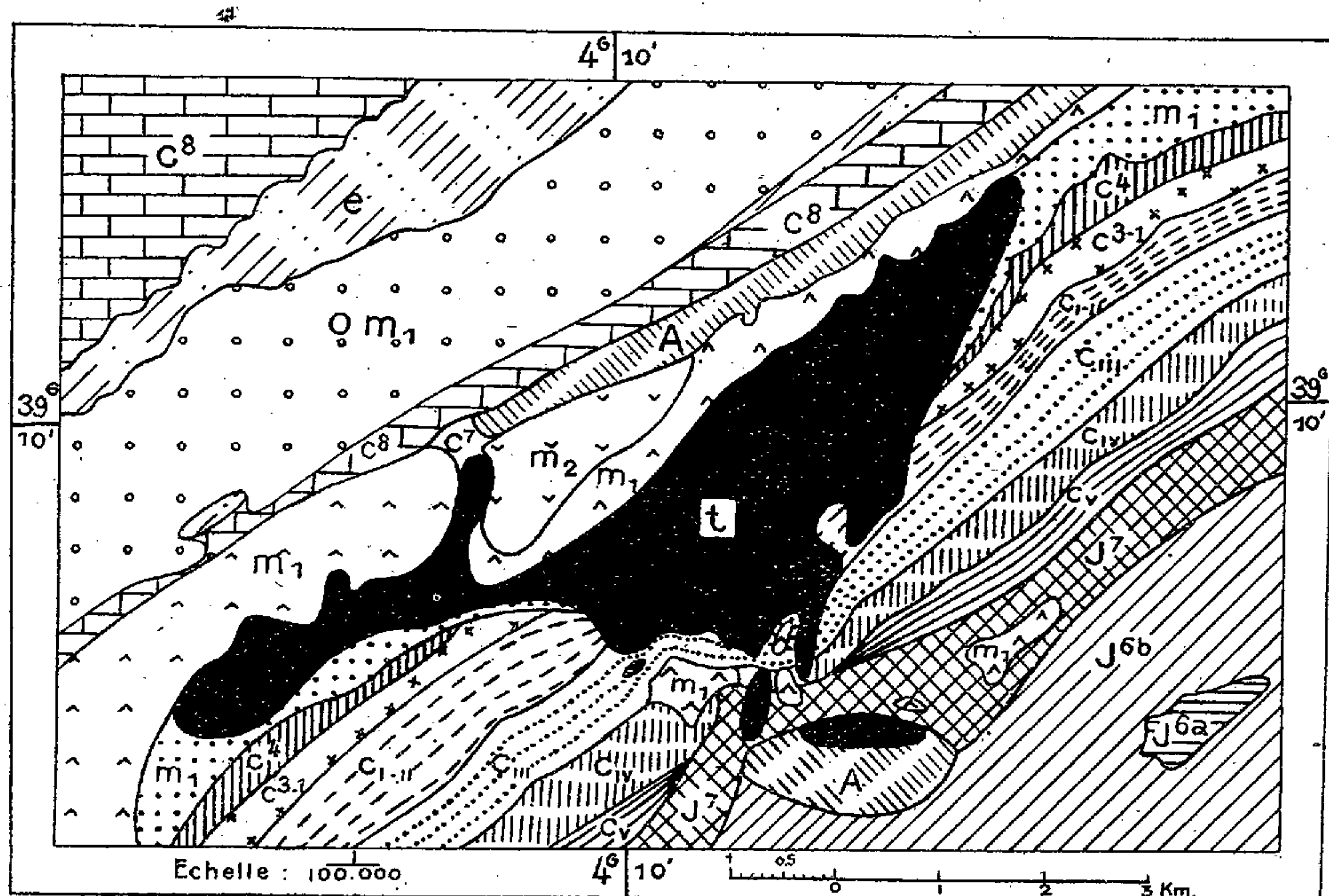
La continuité des assises portlandiennes auréolant le Kimeridgien est presque complète sauf en un point où s'intercale un affleurement triasique de 300m sur 100, allongé perpendiculairement par rapport aux assises jurassiques. Les marnes du Valanginien s'étirent de part et d'autre de l'accident triasique et les calcaires et grès de l'Hauterivien arrivent ainsi au contact des dolomies portlandiennes.

Plus haut dans la série, la continuité de l'Hauterivien et des quartzites du Barrémien est à peine interrompue sur une centaine de mètres par une *apophyse* triasique se rattachant à la partie principale de l'affleurement. Celui-ci se développe plus largement au niveau des étages Aptien et Albien, qu'il interrompt sur environ 4km. Mais c'est à la hauteur des étages Cénomanien, Turonien et Sénonien inférieur qu'il se développe le plus : il affleure là sur 10km de longueur. Par contre, les calcaires massifs du Maestrichtien, ainsi que le Nummulitique, ne sont pas affectés par cet accident.

Après le dépôt des terrains qui viennent d'être cités la région fut plissée entre le Lutétien et le Burdigalien. Cette phase majeure de plissement était terminée au Miocène; le Trias se trouvait mis en place à peu près comme nous le voyons aujourd'hui et l'érosion avait déjà décapé le pays

puisque nous voyons le Burdigalien transgressif reposer sur tous les terrains antérieurs indistinctement, jusqu'au Jurassique.

Le Miocène débute presque toujours par un conglomérat de base, mais de plus un poudingue continental s'intercale par place entre la série secondaire et le Miocène; il est parfois incliné vers le Trias, soit qu'il se soit formé dans cette position inclinée, soit plutôt qu'il ait été redressé au cours



t, Trias; J^{6a}, Kimeridgien inférieur; J^{6b}, Kimeridgien supérieur; J^{7}, Portlandien; C_{V}, Valanginien; C_{IV}, Hauterivien; C_{III}, Barrémien; C_{I-II}, Aptien; C^{1-3}, Albien; C^{4}, Cénomanien; C^{7} Campanien; C^{8}, Maestrichtien; *e*, Eocène; O-*m*, Oligocène; *m*, Aquitanien; m_1, Burdigalien; m_2, Helvétien; A, éboulis, brèches de pente.

d'une phase de plissement plus récente, car le Trias semble parfois le recouvrir légèrement.

Le Miocène n'est pas véritablement plissé; resté horizontal partout où il avait un substratum solide, il a seulement été plissoté au contact du Trias par suite de la mobilité de ce terrain.

Le problème qui se pose relativement au Trias est celui de sa mise en place. Ce terrain se présente en effet dans un flanc d'anticlinal au milieu de couches redressées à la verticale dont il semble avoir pris localement la place. La seule chose que l'on puisse affirmer, c'est qu'il a cheminé de bas

en haut à travers les sédiments plus récents et qu'il est enraciné sur place. En voici les raisons :

1° Le Trias se trouve au fond d'une dépression dominée de toutes parts par les terrains plus récents et d'où la rivière ne s'échappe qu'à travers des gorges fort étroites. Le contact entre le Trias et les autres terrains secondaires paraît toujours vertical.

2° J'ai découvert à environ 1^{km} à l'Ouest du village de Menaa deux lambeaux de schistes toarciens, d'à peine 10^{m} de diamètre, emballés dans le Trias, datés par la présence de *Posidonomya* (*Steinmannia*) *Bronni* Voltz (détermination due à M. L. Guillaume), *Phylloceras* sp., *Lytoceras* sp. ; *ce sont les seuls représentants du Lias dans l'Aurès*. Ils ne peuvent venir que de la profondeur, car ce faciès est inconnu dans le Lias des massifs avoisinants (monts du Bellezma) qui est calcaire.

Le Trias est donc monté à travers une couverture très épaisse, en entraînant des lambeaux des couches traversées et en se substituant aux terrains dont il prenait la place par des processus difficiles à imaginer, probablement en les refoulant vers le haut. Ces phénomènes se produisirent au moment de la phase de plissement majeure de la région, c'est-à-dire entre le Lutétien et le Burdigalien et probablement au début de ce laps de temps.

GÉOLOGIE. — *Sur la nature des dislocations profondes dans la partie centrale du Prérif* (*Maroc*). Note de M. **Jean Lacoste**, présentée par M. Charles Jacob.

Étudiant le bord nord du sillon prérifain, unité structurale située à la partie marginale de la chaîne rifaine, j'y avais précédemment reconnu la présence de massifs jurassiques (alignés sur le cours du Moyen-Ouerrha), se présentant souvent comme des klippes de profondeur, plus ou moins décollés ou chevauchants, témoignant que s'étaient produits le long de ce bord, outre des passages très nets de faciès, des dislocations profondes (1). Vers l'Ouest, à mesure que s'ennoie la chaîne, cette ligne de contact anormal, qui correspond approximativement à la limite de la zone du

(1) J. Lacoste, *Études géologiques dans la région rifaine méridionale* (Maroc), 2 vol. *Notes et Mémoires du Service des Mines du Maroc*, n° 31, et *Thèses Sciences*, Paris, 1934, p. 552.

flysch, est encore jalonnée (en direction d'Ouezzane) par des lames de sel, blocs de basalte et de schistes métamorphiques signalés sur la carte de M. J. Bourcart. L'énorme dénivellation (de l'ordre de 2000^{m}) entre la zone du flysch et le sillon est d'autant plus accusée qu'il y a, dans des proportions difficiles à préciser, chevauchement de l'une sur l'autre.

D'autre part la bordure méridionale du sillon révèle à la fois les dislocations brisantes décrites par F. Daguin au flanc des rides prérifaines et le chevauchement des masses marneuses du sillon sur l'enveloppe miocène de ces rides d'avant-pays.

Entre les deux lignes Nord et Sud de contacts anormaux on ne pouvait, sous l'épaisse couverture marneuse, vérifier les effets profonds de la compression subie par le sillon, et j'avais noté ce fait dominant qu'est l'opposition entre l'intensité des pressions tangentielles et le peu d'importance des déplacements relatifs ([2]).

Les résultats d'un sondage récent ([3]) éclairent ce problème. Situé dans le sillon aux abords de l'oued Zegotta à 6^{km} du flanc des rides prérifaines (Tselfat), il en a atteint les horizons (Miocène inférieur et Jurassique) après avoir dû traverser 1840^{m} de terrains chevauchants (Crétacé marneux et Oligocène pincé dans sa masse) et sans avoir retrouvé, entre le Miocène et le Jurassique du substratum, de terrains crétacés et nummulitiques, constituant pourtant la lame chevauchante.

Nous trouvons donc en profondeur un déplacement notable que, dans cette région prérifaine située entre l'Atlantique et Fès, cependant levée en détail, aucun dispositif de surface (fenêtre ou *rentrant*) n'avait permis de soupçonner au sein des séries souples du sillon.

Bien que diverses modalités du recouvrement nous échappent encore, en particulier la continuité de la lame chevauchante sur 6^{km} de profondeur, nous pouvons admettre que le matériel du sillon, très comprimé ou écrasé, a été chassé au Sud et d'autant plus facilement déplacé vers la périphérie de la chaîne qu'il est très plastique. Il en résulte un style d'avant-fosse, avec formation d'écailles ou nappes-écailles dont les plans de chevauchement paraissent, près de la surface, très redressés, du fait des résistances opposées par l'avant-pays, mais qui en profondeur, s'inclinent plus obliquement. On observe d'ailleurs que ces plans ont tendance à se redresser à

([2]) *Thèse* citée, p. 548 et 644.

([3]) Sondage de Gueddara effectué par le Bureau de Recherches et Participations Minières du Protectorat.

mesure que la chaîne s'ennoie de l'Est vers l'Ouest, jusqu'à devenir verticaux ou même rebroussés à l'Ouest, dans le Rharb.

Ces *plans de fuite*, le long desquels se produisent des entraînements de matériel plastique salifère et des arrachements de matériel plus résistant, décomposent-ils le sillon en une série d'éléments tectoniques, sortes de coins qui, poussés du Nord au Sud et de bas en haut, tendent ainsi à échapper à la pression ; ou bien ces différents plans se rejoignent-ils en profondeur, au niveau du Trias par exemple, pour ne former, comme je l'ai évoqué par analogie avec les Subcarpathes roumaines et la Tunisie ([4]), qu'un seul plan de décollement?

Il est possible que, de l'Ouest vers l'Est, il y ait passage de l'un à l'autre de ces styles : car de même que les chevauchements et décollements se sont montrés plus accusés vers l'Est (Senhadjas), de même le raccourcissement du socle et la tendance des plis à se ranger parallèlement à la direction du bord atlasique témoignent, dans la région étudiée par J. Marcais ([5]), de *l'exaltation* que j'avais considérée comme probable à l'aile de ce plissement encadré ([6]).

On peut remarquer en outre, d'une part, que ces observations obtenues par sondage sur le centre prérifain trouvent aisément leur explication dans les notions de compressions et déplacements plus accusés établis aujourd'hui dans le Rif du Nord (chaîne calcaire) par M. P. Fallot ([7]), et, d'autre part, qu'il s'agit, en tout état de cause, dans ce centre prérifain, d'un style d'écailles ou de nappes-écailles plus ou moins poussées et couchées sur l'avant-pays et non d'un dispositif obtenu par le déroulement de grandes nappes depuis les zones les plus internes de la chaîne.

([4]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 112; 203, 1936, p. 245.

([5]) J. Marcais, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2003.

([6]) *Études sur le Rif Méridional*, p. 549 et 646.

([7]) *Essais sur la géologie du Rif septentrional*, *Notes et Mémoires du Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, 1937.

BOTANIQUE. — *Sur l'identité de l'*Hymenoclonium serpens *(Crouan) Batters et du protonéma du* Bonnemaisonia asparagoïdes *(Woodw.) C. Ag.* Note de M. **Jean Feldmann** et Mlle **Geneviève Mazoyer**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Sous le nom de *Callithamnion serpens*, les frères Crouan (¹) décrivirent en 1859 une petite Rhodophycée draguée aux environs de Brest, formant de petites lames étalées sur des fragments de verre et constituée de filaments cellulaires régulièrement ramifiés à rameaux opposés et plus ou moins cohérents entre eux en une lame monostromatique. Ultérieurement Batters (²), en 1895, ayant retrouvé la même algue à Plymouth, créa pour elle le genre *Hymenoclonium* qui fut généralement adopté et placé dans l'ordre des Céramiales, famille des Céramiacées, au voisinage des *Antithamnion*, dont il se rapproche par le mode de ramification.

L'*Hymenoclonium serpens* a été retrouvé dans la Méditerranée à Naples par Funk. Nous l'avons observé assez abondamment en dragage à Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales) pendant l'été.

Nos échantillons de Banyuls correspondent bien à ceux décrits et figurés par Crouan, Batters et Funk; ils présentent de plus une particularité qui n'avait pas encore été observée jusqu'ici; c'est la présence de cellules sécrétrices à contenu réfringent (ioduques) situées à la face supérieure et dans la partie distale des cellules des filaments principaux du thalle. Ces ioduques rappellent par leur situation et leur aspect ceux du *Trailliella intricata* Batt. De plus, dans des échantillons récoltés en été, nous avons souvent observé des filaments dressés au-dessus du substratum et issus de la lame rampante, analogues à ceux considérés par V. Schiffner (³) comme caractéristiques de son *Hymenoclonium adriaticum* qui ne nous paraît être qu'un état plus développé de l'*Hymenoclonium serpens*.

Ayant étudié à Alger, au printemps dernier, le mode de développement des carpospores du *Bonnemaisonia asparagoides* (Némalionale), nous avons été frappés de l'identité de structure du protonéma de cette algue tel que

---

(¹) Crouan (frères), *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 4e série, 12, 1859, p. 259.

(²) E. A. L. Batters, *Ann. of Bot.*, 9, pl. XI, 1895, p. 307-321.

(³) *Wissenschaftliche Meeresunters.*, N. F., 11, Abt. Helgoland, h. 2, 1915, p. 141.

nous l'avons obtenu en culture avec celle de l'*Hymenoclonium serpens* observé dans la nature.

Le développement des spores de *Bonnemaisonia asparagoides* a déjà été étudié par divers auteurs (Golenkin, Kylin, Chemin). La spore se cloisonne d'abord en formant une masse hémisphérique de laquelle naît un protonéma rampant identique à l'*Hymenoclonium repens*. Alors que Chemin ([1]) indique que le protonéma de *Bonnemaisonia* est dépourvu d'ioduques, nous en avons observé dans nos cultures âgées de deux mois, et constaté que leur forme et leur situation étaient identiques à ceux de l'*Hymenoclonium*.

Dans ces mêmes cultures, nous avons observé la destruction progressive du massif cellulaire hémisphérique primitif, que nous n'avons pas retrouvé dans les *Hymenoclonium* observés dans la nature.

La ressemblance absolue de forme, de dimensions et de structure que nous avons constatée entre les *Hymenoclonium serpens* trouvés dans la nature et les protonémas obtenus en culture à partir des carpospores de *Bonnemaisonia*, ne nous laisse aucun doute sur l'identité de ces deux plantes. Le genre *Hymenoclonium* Batters doit donc disparaître de la nomenclature.

De nouvelles recherches sont à faire pour établir la manière dont naît le *Bonnemaisonia* à partir de son protonéma. Sur les protonémas récoltés en été à Banyuls, nous avons observé, à l'extrémité des filaments dressés, des cellules renflées, sphériques, qui sont peut-être des monosporanges. Néanmoins, leur contenu non différencié et le fait que nous n'avons jamais observé de déhiscences rendent douteuse la nature de ces cellules. Il en est de même des prétendus tétrasporanges signalés chez l'*Hymenoclonium* par les frères Crouan, et qui n'ont pas été retrouvés depuis. Leur situation à l'intérieur des cellules du thalle est tout à fait extraordinaire, et en l'absence de nouvelles observations il est difficile d'interpréter celle des frères Crouan.

([1]) E. CHEMIN, *Rev. gén. de Bot.*, 49, 1937, p. 56.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'absorption atmosphérique et les coefficients d'absorption de l'ozone dans le spectre visible.* Note de MM. **Georges Déjardin**, **Albert Arnulf** et **René Falgon**, présentée par M. Charles Fabry.

Les coefficients d'absorption de l'ozone dans le spectre visible (région des bandes de Chappuis) ont été mesurés par Colange (1), l'épaisseur du gaz absorbant étant obtenue par un dosage chimique. Les valeurs ainsi trouvées ont été utilisées (Cabannes et Dufay, Gauzit, etc.) pour déduire de la densité optique de l'atmosphère, compte tenu de la diffusion moléculaire, l'épaisseur totale de l'ozone atmosphérique. Tout récemment Mme Vassy (2) a montré cependant que les résultats de Colange ne sont pas en harmonie avec les coefficients d'absorption mesurés par Ny Tsi-Ze et Choong Shin-Piaw (3) dans la région ultraviolette (bandes de Huggins). Si l'on considère ces derniers comme exacts, on obtient dans le spectre visible, et notamment entre 5400 Å et 6200 Å, des coefficients d'absorption notablement supérieurs à ceux de Colange, l'écart dépassant 30 pour 100 au voisinage du maximum principal de la courbe d'absorption.

D'autre part Vassy (4) a étudié quantitativement l'action de la température sur l'absorption de l'ozone dans le spectre visible, précisant à cet égard les observations qualitatives de Chappuis. Entre 5350 et 6260 Å, les coefficients d'absorption sont fortement augmentés lorsqu'on passe de + 20° C. à — 40° C., l'accroissement variant de 7 à 30 pour 100 environ. Si l'on admet, conformément à certaines déterminations récentes (4), (5), que la température moyenne de l'ozone atmosphérique est voisine de — 35° C., il faut donc tenir compte de l'effet précédent pour déduire des mesures d'absorption atmosphérique la quantité totale d'ozone présente dans la haute atmosphère. En examinant le problème de l'ozone atmosphérique du point de vue purement photochimique, c'est-à-dire en faisant intervenir seulement l'absorption du rayonnement solaire par l'oxygène et l'ozone, Wulf et Mrs Deming (6) ont montré que l'absorption due aux bandes de

---

(1) *Journal de Physique*, 6e série, 8, 1927, p. 254-256.
(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1413-1414.
(3) *Chinese Journal of Physics*, 1, 1932-1933, p. 21-33.
(4) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1937.
(5) G. Déjardin, A. Arnulf et D. Cavassilas, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1000.
(6) *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 41, 1936, p. 375-378.

Chappuis joue un rôle important dans l'équilibre photochimique et la distribution verticale du gaz absorbant. Les calculs de Wulf et Mrs Deming, basés sur les coefficients de Colange, mériteraient donc d'être révisés d'après les considérations qui viennent d'être exposées.

L'étude spectrophotométrique du rayonnement direct du Soleil, effectuée dans des conditions déjà indiquées ([5]), nous a permis de calculer la densité optique de l'atmosphère dans un large domaine spectral, s'étendant des bandes de Chappuis à la grande bande de Hartley, entre 6500 et 3100 Å. Dans l'intervalle 4800-3600 Å, c'est-à-dire en dehors des régions d'absorption de l'ozone, nous avons admis que la diffusion moléculaire était seule en cause. Les courbes obtenues en portant en abscisses λ^{-4} et en ordonnées la densité optique (rapportée à la masse d'air correspondant au zénith du lieu) ne peuvent être confondues rigoureusement avec des droites. La pente moyenne augmente en effet du spectre visible à l'ultraviolet, dans le sens indiqué par l'intervention de la dispersion de l'air dans la formule théorique de la diffusion moléculaire, d'après Cabannes et Dufay ([7]). Toutefois, la variation expérimentale est un peu supérieure à la variation calculée. Entre 4000 et 3600 Å, on retrouve bien, en appliquant la formule théorique, pour le nombre de molécules par centimètre cube dans les conditions normales, la valeur $n = 2,90.10^{19}$, déjà obtenue par Cabannes et Dufay ([7]), ([8]). Mais si l'on considère seulement l'intervalle 4800-3800 Å, on est conduit à une valeur de n sensiblement plus grande, comprise entre $3,00$ et $3,20.10^{19}$ ([9]).

Les bandes de Chappuis apparaissent très nettement sur les courbes d'absorption atmosphérique (ou sur les courbes en λ^{-4}). En bon accord avec les observations de Colange et de Mme Vassy, nous avons retrouvé 4 maxima principaux d'absorption vers 5350, 5700, 5975 et 6300 Å. D'autre part, en considérant successivement 7 longueurs d'onde (maxima et minima) entre 5350 et 6400 Å, nous avons calculé l'épaisseur de l'ozone atmosphérique (suivant la verticale et réduite aux conditions normales) à partir des coefficients de Colange et de Mme Vassy, et en examinant dans

([7]) *Journal de Physique*, 6e série, 7, 1926, p. 257-274.

([8]) J. DUFAY et TIEN KIU, *Journal de Physique*, 7e série, 7, 1936, p. 198-204.

([9]) Nous avons admis, pour la pression atmosphérique à Tête-Rousse (alt. 3167m), 51cm,5, puis 51cm de mercure, ce qui entraîne une variation de n voisine de 1/100e.

Les observations photographiques de H. H. Plaskett, dans le spectre visible, telles qu'elles sont interprétées par Dufay (*Bulletin Observatoire Lyon*, 12, 1930, p. 61-64) conduisent à $n = 3,07.10^{19}$.

les deux cas l'influence de la température, d'après les mesures de Vassy, la température moyenne de l'ozone étant supposée égale à — 35° C. Les résultats obtenus sont particulièrement homogènes (faible variation d'une longueur d'onde à l'autre) lorsqu'on choisit les coefficients de Mme Vassy corrigés de l'influence de la température. Les valeurs moyennes calculées d'après nos diagrammes, après avoir prolongé les droites de diffusion dans la région des bandes de Chappuis, sont rassemblées dans le tableau suivant :

Coefficients de	Épaisseur réduite de l'ozone atmosphérique.
	cm
Colange	0,462
Colange corrigés de l'influence de la température	0,397
Mme Vassy	0,345
Mme Vassy corrigés de l'influence de la température	0,296

Les déterminations dans la région des bandes de Huggins (coefficients de Ny Tsi-Zé et Choong Shin-Piaw) nous ont donné, pour l'épaisseur réduite de l'ozone, la valeur $0^{cm},290$. On obtient donc sensiblement la même valeur en adoptant, dans la région des bandes de Chappuis, les coefficients de Mme Vassy et en tenant compte des observations de Vassy relatives à l'accroissement d'absorption résultant d'un abaissement de la température.

BOTANIQUE. — *Synthèse expérimentale de la forme velue de* Bromus sterilis *L. par double hybridation interspécifique*. Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Marin Molliard.

On a souvent tendance à négliger, dans la description systématique des Graminées, les différences spécifiques basées sur le caractère glabre ou velu des épillets ou des axes et rameaux de l'inflorescence. C'est ainsi que T. Husnot (1), après avoir signalé l'existence de formes glabres et de formes velues dans presque toutes les espèces de Bromes et de Serrafalques, ajoute : « on ne doit pas établir de variétés basées sur cette seule différence ». On sait cependant, par l'étude des races pures chez les céréales, que la pilosité des organes floraux fournit chez ces espèces des caractères très stables,

(1) *Graminées*, Athis, 1896-99, p. 69.

permettant de différencier aisément certaines variétés, dont les autres caractères distinctifs peuvent être plus difficiles à apprécier ou moins nettement discernables.

Dans ces conditions, il paraît permis de se demander si la variabilité constatée chez les Bromes ne serait pas en rapport avec la formation facile des hybrides interspécifiques, dont j'ai donné la preuve expérimentale pour diverses espèces de ce groupe ([2]), et qui se produisent vraisemblablement aussi avec une certaine fréquence à l'état naturel.

De nouvelles expériences, dont le début remonte à 1935, me permettent d'en fournir la démonstration, en ce qui concerne *B. sterilis* L.

Cette espèce, universellement répandue, se présente normalement sous une forme à épillets et pédicelles glabres, quoique très scabres, que l'on peut admettre comme typique. Mais on en décrit parfois, en outre, des variétés plus ou moins velues, considérées comme rares ou sporadiques, et le plus souvent négligées par les systématiciens. Hegi ([3]) cite cependant les noms de var. *lanuginosus* Rohlena (= var. *hirsutior* Waisbecker), et var. *velutinus* Volkart, qui paraissent s'appliquer à des formes de cette sorte.

Or, ayant eu fréquemment l'occasion d'herboriser en divers points du littoral atlantique et notamment à La Baule (Loire-Inférieure), où j'avais récolté les échantillons typiques de l'hybride décrit sous le nom de × *B. Fischeri* A. de Cugnac et A. Camus (= *B. madritensis* × *sterilis*) ([4]), je n'avais pas été sans remarquer la fréquence, dans ces mêmes localités, des formes plus ou moins velues de *B. sterilis*. C'est à de tels exemplaires que se rapporte notre description de 1931, sous le nom de × *B. Fischeri* f. *persterilis* A. de Cugnac et A. Camus. Cette attribution, basée sur la seule observation, devait rester hypothétique jusqu'à ce qu'il ait été possible de reproduire expérimentalement l'hybride et sa forme dérivée, par croisement direct des espèces parentes.

J'ai signalé en son temps l'obtention expérimentale de × *B. Fischeri* ([5]); j'indiquais dans la même Note que, malgré la stérilité de ces hybrides, il m'avait été possible d'en obtenir un caryopse bien constitué, par pollinisation artificielle au moyen de *B. sterilis*. L'origine de l'hybride qui fournit cet unique grain était *B. madritensis* ♀ × *sterilis* ♂.

La plante, développée à partir de ce grain, semé au début de cette

---

([2]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1040; **203**, 1936, p. 115; **205**, 1937, p. 496.

([3]) *Fl. Mittel-Europa*, **1**, 1906, p. 362.

([4]) A. de Cugnac et A. Camus, *Bull. Soc. bot.*, **78**, 1931; p. 339.

([5]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 115.

année, après une longue période végétative, vient de donner récemment trois chaumes florifères.

Les caractères de la panicule et des épillets sont ceux de *B. sterilis :* les pédicelles sont longs et très fins, pendants en tous sens, les étamines sont au nombre de trois. Mais les épillets ainsi que les pédicelles sont recouverts d'une courte pubescence, absolument semblable à celle que j'avais observée sur les échantillons spontanés de × *B. Fischeri* f. *persterilis*. Il me paraît donc permis d'affirmer que j'ai réalisé ainsi la synthèse de la forme velue de *B. sterilis*, et justifié exactement notre hypothèse de 1931.

Comme il a été souvent noté dans des expériences analogues, cette seconde génération est notablement plus fertile que la première; il s'est formé spontanément un certain nombre de caryopses, malgré la saison tardive de la floraison, et j'espère pouvoir en obtenir l'an prochain de nouveaux descendants, dont les caractères seront sans doute fort intéressants à observer, notamment en ce qui concerne la fixité de cette forme ou le retour éventuel aux parents des descendants qui en seront issus.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude caryologique de quelques espèces de* Cistus. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Bien que les collections de la villa Thuret, à Antibes (A.-M.), soient surtout composées d'espèces exotiques, l'étude des plantes méridionales n'y a pas été pour cela négligée. Ed. Bornet, en 1860, a réuni le premier, dans la propriété de son ami G. Thuret, une belle série d'espèces de *Cistus* entre lesquelles il obtint de nombreux hybrides. A la mort de ce savant, les plantes disparurent, mais les Notes de Bornet furent publiées et complétées par Méd. Gard, d'après les exsiccata de l'Herbier Thuret et les aquarelles de Riocreux, qui ont été présentées au Palais de la Découverte de l'Exposition Internationale de 1937 [1]. Plus tard, en 1910, G. Poirault et J.-B. Texier ont réalisé de nouveau la plupart des hybrides de Bornet et quelques combinaisons nouvelles. Ce matériel, toujours vivant, n'a encore fait l'objet d'aucune investigation.

Mes recherches se rapportent aux dénombrements chromosomiques effectués, au printemps dernier, chez les espèces de *Cistus* appartenant

---

(1) *Hybrides sexuels et Mosaïques* (Exposition internationale 1937), Paris, 1937, p. 47-49.

aux collections d'Antibes. D'après la liste chromosomique établie par O. Gaiser ([2]) quelques numérations, aux résultats d'ailleurs contradictoires, ont déjà été faites chez les *Cistus* par A. Chiarugi, qui signalait tout d'abord $n = 8$ pour *C. salvifolius* L. (1924), puis $n = 9$ pour la même espèce et pour *C. albidus* L., *laurifolius* L., *monspeliensis* L.. et *villosus* L. (1925); alors que C. Lawrence ([3]) indiquait de son côté en 1930, $n = 8$ chez un *Cistus* spc. Mes recherches ont été faites dans les cellules de grains de pollen d'après la méthode au carmin-acétique de Belling décrite à plusieurs reprises ailleurs ([4]); la classification adoptée est celle proposée par W. Grosser dans le *Pflanzenreich* (1903).

Dix espèces et quatre variétés ont été étudiées et $n = 9$ a été trouvé chez les *Cistus* suivants :

Section *Eucistus* Spach : *C. albidus* L., *C. heterophyllus* Desf., *C. villosus* L. var. *creticus* Boiss. (*C. creticus* L.), *C. villosus* L. var. *eriocephalus* Gross. (*C. incanus* G. et G.);

Section *Ledonella* Spach : *C. parviflorus* Lamk.;

Section *Stephanocarpus* (Spach) Willk. : *C. monspeliensis* L.;

Section *Ledonia* Dunal : *C. hirsutus* Lamk., *C. salvifolius* L. et *C. populifolius* L.;

Section *Ladanium* Spach (Willk.) : *C. laurifolius* L., *C. ladaniferus* L. var. *maculatus* Dunal et var. *albiflorus* Dunal.

Les chromosomes de toutes ces espèces sont petits et globuleux; ils ont été observés à la première et à la seconde division de maturation. Aucune anomalie, ni aucune différence notable n'a été observée dans le comportement des chromosomes aux différents stades de ces cinèses de réduction.

Ces résultats, tout en confirmant les seconds dénombrements chromosomiques effectués par A. Chiarugi, mettent surtout en évidence l'existence, fort intéressante, d'un seul nombre chromosomique chez 12 espèces ou variétés différentes de *Cistus*, montrant ainsi la remarquable fixité caryologique que peuvent présenter toutes les espèces d'un même genre à quelque section botanique qu'elles appartiennent. Or ce fait est d'autant plus remarquable que précisément dans les Cistacées, d'après Chiarugi, les genres voisins sont caractérisés par d'autres valeurs : *Helianthemum* $n = 8$ et 16, *Fumana* $n = 16$, *Tuberaria* $n = 24$.

Cette homogénéité chromosomique, bien qu'existant chez les *Pinus*, les

---

([2]) O. Gaiser, *Bibliographia genetica*, 6, 1930, p. 171-466.

([3]) C. Lawrence, *Genetica*, **12**, 1930, p. 269-296.

([4]) M. Simonet, *Bull. Biol. France et Belgique*, 66, 1932, p. 255-446.

Orchis, les *Phaseolus*, les *Ribes*, et nous l'avons signalé chez les *Lathyrus* dont les 24 espèces étudiées sont toutes à $n = 7$ [5], n'en est pas moins exceptionnelle dans le règne végétal, que d'importantes études réalisées depuis une dizaine d'années ont révélé être plutôt caractérisé par des genres composés d'espèces à nombres chromosomiques différents, variant, soit par polyploïdie (*Rosa*, *Solanum*, *Senecio* etc.), soit par aneuploïdie (*Iris*, *Carex*, etc.).

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les causes intimes de la chlorose spécifique des sols calcaires.* Note [1] de M. **Jean-Louis Vidal**, présentée par M. Émile Schribaux.

A la suite d'expériences de laboratoire, en cultivant les plantes en milieux nutritifs de composition exactement définie, MM. P. Mazé, Ruot et Lemoigne ont pu conclure que la chlorose des calcaires est due à une carence de fer insolubilisé par la chaux dans le milieu nutritif [[2] et [3]].

Cette conclusion n'est pas généralement admise comme suffisamment et définitivement prouvée par les physiologistes et les techniciens [[4] et [5]].

Une expérience réalisée à la Fondation Fougerat, en 1935-36, apporte cependant des faits qui sont favorables à la thèse de la carence de fer [6].

Une confirmation nouvelle est à tirer de cette expérience :

Sachant que les acides organiques sont de bons agents de solubilisation du fer en présence de la chaux [4], nos essais font ressortir un parallélisme complet et frappant entre l'énergie, à ce point de vue, de chaque acide, et son influence amélioratrice du traitement de la chlorose calcaire par le sulfate de fer appliqué en badigeonnage des plaies de taille.

---

(5) M. Simonet, *Comptes rendus*, 195, 1930, p. 738-740.

(1) Séance du 22 novembre 1937.

(2) P. Mazé, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 902.

(3) P. Mazé, Ruot et Lemoigne, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 781.

(4) J.-L. Vidal, *Progrès agricole*, 107, 1937, n° 2, p. 40; n° 3, p. 65.

(5) L. Hédin, *L'Agriculture pratique*, 101, n° 24, 12 juin 1937, p. 852.

(6) J.-L. Vidal, *Progrès agricole*, 106, 29 novembre 1936, p. 515.

Solutions essayées contre la chlorose.	Efficacité notée à l'œil de 0 à 20.	Efficacité par pesées de la vendange (transposées en hectolitres de vin à l'hectare).	Classement au point de vue du maintien du fer en solution en présence de la chaux.
Sulfate de fer + acide citrique	16	80	1er
» + acide tartrique	14,5	77	2e
» + acide oxalique	14	69	3e
Sulfate de fer seul	13	63	4e

D'autre part, les expériences suivantes montrent que les feuilles chlorosées des calcaires manquent seulement de fer soluble, mais non de fer total ([7]).

Dix pieds de vigne chlorotiques, numérotés de 1 à 10, ont été traités comme suit :

Le 7 mai 1937, les ceps nos 1, 2, 4, 5 et 6 ont été soigneusement dégarnis jusqu'à la découverte d'une petite racine, qui a été plongée dans un flacon de 750cm³ plein d'une solution d'acide citrique à 2,5 pour 100; puis le tout recouvert de terre.

Les ceps nos 3, 7, 8, 9 et 10 ont servi de témoins non traités.

Le 12 juin suivant, l'état des dix pieds de l'expérience est ainsi noté :

No 1. *Traité.* — Feuillage bien vert, surtout sur l'un des deux bras. Les feuilles du deuxième bras sont d'un vert plus clair. La répartition de la chlorophylle n'est pas uniforme comme chez les plantes normales. Sur tous les limbes plus ou moins reverdis, il existe de multiples petites plages d'un vert très foncé, formant une sorte de marbrure caractéristique. L'aspect est un peu comparable au reverdissement des feuilles ayant reçu des pulvérisations au sulfate de fer, sauf que, dans ce dernier cas, la marbrure est composée de zones vertes, arrondies, petites, concentriques au point touché par la solution; tandis que dans notre expérience les zones les plus vertes sont irrégulières de forme et en surface, généralement beaucoup plus étendues, et semblent avoir pour génératrices les petites nervures qui les traversent.

Les autres pieds traités, nos 2, 4, 5, 6 se sont comportés comme le no 1.

Nos 3, 7, 8, 9 et 10. *Témoins non traités.* — Tous cinq, nettement atteints de chlorose généralisée. Absence de plages plus foncées sur les feuilles restées plus ou moins vertes.

L'acide citrique, absorbé par la racine, a donc joué un rôle comparable au traitement par pulvérisations des feuilles avec une solution de sulfate

---

([7]) Opinion émise dans notre travail cité ([4]).

de fer. L'acide citrique étant grand mobilisateur du fer insolubilisé par la chaux ([8]), on peut admettre qu'il a procuré aux feuilles des ceps traités le fer soluble qui leur faisait défaut. Et il n'a pu le faire qu'en dissolvant le fer contenu dans les tissus de la plante même.

On peut objecter : rien ne prouve que l'acidité de l'acide citrique n'a pas agi seule, en tant qu'acidité, sans faire intervenir obligatoirement le fer.

L'expérience suivante répond à cette objection :

Quatre rameaux de lierre très chlorosés sont mis à tremper par leur base dans quatre flacons contenant : le premier, de l'eau de source; le deuxième, une solution d'acide citrique; le troisième, une solution d'acide acétique; le quatrième, une solution d'acide chlorhydrique.

Ces solutions sont de concentrations le moins éloignées possible les unes des autres.

Au bout de 15 jours, la branche du flacon n° 2 (acide citrique) émet de nouvelles feuilles d'un vert brillant très intense. Les trois autres sujets émettent aussi des feuilles nouvelles, mais d'un vert mat, très pâle, presque jaune.

L'acide citrique, de beaucoup le meilleur mobilisateur du fer insolubilisé dans les tissus, a provoqué, chez le lierre chlorosé, un très fort et très net reverdissement.

Les autres acides n'ont amené qu'un reverdissement très peu marqué, dépassant à peine celui de la branche alimentée par de l'eau de source pure.

Il nous semble donc que dans ces faits différents on peut trouver confirmation de ce que :

1° la chlorose calcaire est bien due à une carence de fer par insolubilisation de ce dernier, surtout dans les tissus malades;

2° le fer total présent dans les plantes chlorosées des calcaires est suffisant pour les besoins de ces plantes, lorsqu'il est mobilisé par l'acide citrique et rendu ainsi utilisable.

([8]) J.-L. Vidal, *Progrès Agricole*, 107, 1937, n° 2, p. 43.

CYTOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur l'histophysiologie du corps adipeux et des tissus ectodermiques du Bombyx du mûrier pendant la mue.* Note de M. **André Paillot**, présentée par M. Paul Marchal.

J'ai établi, en collaboration avec R. Noël ([1]), que le chondriome prend une part active à la formation des plastes albuminoïdes qui apparaissent en grand nombre pendant la mue dans les cellules adipeuses et les micronucléocytes du sang des chenilles de Lépidoptères, en particulier, de celles du Bombyx du mûrier et de *Pieris brassicæ*.

Les nouvelles recherches d'histophysiologie que j'ai entreprises depuis deux ans chez le Bombyx du mûrier m'ont fait constater que les plastes albuminoïdes des cellules adipeuses n'ont pas tous pour origine le chondriome, mais sont constitués en partie par des nucléoles émigrés du noyau.

L'examen de coupes de Vers à soie fixés à différents stades de la mue montre que les nucléoles, c'est-à-dire les éléments acidophiles du noyau, émigrent vers la périphérie de celui-ci et s'aplatissent contre la surface externe; ils se présentent alors sous l'aspect de fuseaux renflés. Un certain nombre d'entre eux peuvent être observés à moitié engagés dans la couche cytoplasmique environnante. On constate d'autre part que le nombre des inclusions cytoplasmiques croît à mesure que celui des nucléoles diminue. Le noyau participe donc directement à l'élaboration des plastes albuminoïdes intracellulaires. On peut se demander si cette élaboration doit être assimilée à une sécrétion intervenant directement dans le phénomène de la mue ou si l'on a affaire à un processus excrétoire; la question n'a pu encore être tranchée.

Vers la fin de la mue, on assiste à une reconstitution des nucléoles à partir des grains chromatiniens : un certain nombre d'entre eux deviennent franchement acidophiles et tendent à fusionner par petits groupes qui prennent progressivement la forme et l'aspect des nucléoles. Les figures sont particulièrement démonstratives après fixation par le formol salé, suivie de post-chromisation, et coloration des coupes suivant la méthode de Champy-Kull. Les processus qui se déroulent dans les cellules adipeuses présentent de grandes analogies avec ceux que R. Noël et moi avons étudiés dans les glandes séricigènes du Ver à soie au cours de l'élaboration de la soie ([2]).

([1]) *Comptes rendus,* **182**, 1926, p. 1044.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **97**, 1927, p. 764.

Les plastes albuminoïdes qui se forment également dans les cellules sanguines et plus particulièrement dans les micronucléocytes, au début de la mue, ont une origine toute différente : je n'ai pas observé en effet de modification sensible dans le nombre et l'emplacement des nucléoles de ces éléments au cours de l'élaboration des plastes. Le chondriome seul participe donc à cette élaboration.

Les cellules adipeuses ne se chargent pas seulement de plastes albuminoïdes pendant la mue, mais également de glycogène. Tahir, n'ayant pu mettre en évidence le glycogène dans les cellules de l'épiderme, avait émis l'hypothèse, en 1929, que le glycogène des cellules adipeuses participe à l'élaboration de la nouvelle couche chitineuse. Cette opinion est erronée : l'emploi d'une nouvelle technique de fixation mise au point par H. Gendre ([3]) et basée sur le rôle fixateur de l'acide picrique vis-à-vis du glycogène mis en évidence par J. Pasteels et G. Leonard ([4]), m'a permis de démontrer que la chitine tire son origine du glycogène des cellules épidermiques. Si l'on fixe des vers à soie au début de la mue dans un liquide de Bouin où l'eau saturée d'acide picrique est remplacée par de l'alcool à 90° saturé d'acide picrique et qu'on colore les coupes par la solution iodo-iodurée de Lugol ou le carmin de Best, on constate la présence, dans la plupart des cellules épidermiques, de vacuoles plus ou moins volumineuses renfermant du glycogène colorable en brun acajou par l'iode ou en rouge par le carmin. Le glycogène, placé tout d'abord au voisinage immédiat du noyau, ce qui laisse supposer que cet organite joue un rôle actif dans sa formation, émigre ensuite vers l'emplacement de la nouvelle cuticule et participe directement à l'élaboration de la chitine.

Des constatations analogues ont été faites au niveau des différents épithéliums d'origine ectodermique recouverts d'une cuticule chitineuse comme la couche péritrachéale et l'épithélium des intestins antérieur et postérieur.

Une émigration nucléolaire a été constatée au niveau de l'épiderme et de la couche péritrachéale; mais les nucléoles émigrés du noyau ne séjournent pas dans le cytoplasme et sont expulsés au dehors. Comme dans les cellules adipeuses, il y a reconstitution des nucléoles aux dépens des grains de chromatine. Le rôle de la charge nucléaire observée dans l'épiderme n'a pu être déterminé avec certitude; il s'agit vraisemblablement d'un phénomène d'excrétion.

([3]) *Bull. Hist. appl.*, **14**, 1937, p. 262-264.
([4]) *Hist.*, **12**, 1935, p. 293-299.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Variétés pigmentaires de* Bulinus (Isidora) contortus *Mich.*; *leur intérêt dans l'analyse génétique des processus de fécondation.* Note de M. **Marc de Larambergue**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de mes recherches, j'ai constaté l'existence de deux variétés pigmentées chez *Bulinus contortus*; ce Pulmoné peut avoir, suivant les cas, un manteau dépourvu ou constellé de taches noires, particulièrement nettes dans la zone marginale. Ce caractère est peu visible, sur le vivant, chez les adultes récoltés dans la nature, dont le test est souvent presque opaque; mais la coquille reste mince et transparente chez les jeunes obtenus en élevage et les taches sont très facilement discernables au binoculaire ou à l'œil nu, lorsque leurs dimensions sont suffisantes.

Dans les deux types, les yeux sont intensément pigmentés et la teinte générale du corps, d'un brun rouge foncé, est due à la couleur du sang (rouge comme chez les Planorbes) et au pigment mélanique accumulé sous formes de sphérules dans les cellules conjonctives et les tissus qui tapissent la cavité générale et les lacunes. Les travées conjonctives, dans l'épaisseur du manteau, contiennent également du pigment; mais, dans le type *non tacheté*, l'épithélium externe, appliqué sous la coquille, est dépourvu de pigment noir dans toute la région marginale et ses cellules n'en contiennent que quelques traces au-dessus du rein et du plafond de la cavité pulmonaire. Dans le type *tacheté*, au contraire, se rencontrent des zones nettement délimitées, dans lesquelles les cellules sont bourrées de sphérules accumulées dans le cytoplasme; chacune de ces zones correspond macroscopiquement à une tache.

Ces variétés ne diffèrent pas entre elles par la pigmentation générale du corps (qui s'établit progressivement au cours du développement et dont l'intensité varie avec la température d'élevage et la rapidité de croissance), mais seulement par l'accumulation localisée de pigment sur le manteau, déjà caractéristique quelques jours après l'éclosion, chez les jeunes tachetés.

Dans les élevages autogames, ces deux types pigmentaires se sont montrés constants. A partir de ma première souche marocaine, je n'ai obtenu que des non tachetés; par contre, les Bulins que j'ai reçus plus tard, de Dakar, étaient tous tachetés et appartenaient à une race tachetée pure. Parmi les sujets récoltés au Caire, où la population est mélangée (20 pour 100 environ de non tachetés), j'ai reconnu l'existence d'homozygotes des deux variétés et d'hybrides naturels tachetés.

Des croisements expérimentaux m'ont permis de vérifier que la forme

tachetée se comportait comme déterminée par un facteur mendélien, dominant sur son allélomorphe non tacheté.

Suivant l'usage, je désignerai ces facteurs par les symboles *T* (tacheté) et *t* (sans taches). Quel que soit le sens du croisement, ♀ $TT \times tt$ ou ♀ $tt \times TT$, les hybrides *Tt* sont tachetés et il me paraît impossible de les distinguer phénotypiquement de la forme homozygote dominante. Ils donnent, par autofécondation, une transcendance F_2 où reparaît le type récessif dans les proportions de segrégation caractéristiques du monohybridisme 1:3.

Ainsi, 23 hybrides ont donné, sur un total de 2462 descendants F_2 :

proportions observées :	1844	tachetés,	618	non tachetés;	
proportions théoriques :	1846,5	»	615,5	»	déviation $\pm 2,5$.

8 F_2 non tachetés ont donné un total de 503 *tt*;

sur 8 F_2 tachetés, 2 ont donné respectivement 103 et 58 *TT*;

les 6 autres :	257	tachetés,	84	non tachetés, sur 341;	
proportions théoriques :	255,75	»	85,25	»	déviation $\pm 1,25$.

On peut comparer ces deux variétés, au point de vue de leur comportement génétique, au couple formé, chez certaines espèces, par le type normal pigmenté et le mutant albinos; dans le cas de *Bulinus*, elles offrent un moyen sûr d'analyser les processus de fécondation.

J'ai effectué, dans ce but, un certain nombre de croisements du type ♀ $tt \times TT$ entre les différentes races en cultures. Les jeunes hybrides tachetés sont facilement reconnaissables et leur présence, parmi les non tachetés provenant de l'autofécondation, indique l'extension et la durée de la fécondation croisée. Les premières pontes qui succèdent au croisement, produisent parfois exclusivement des tachetés, le plus souvent une forte proportion, qui diminue progressivement par la suite. Dans un cas, des hybrides apparaissaient encore 12 semaines après le croisement, dans les pontes du parent, qui avait donné naissance, pendant cette période, à 184 *Tt* et 53 *tt*. Ce qui révèle le pouvoir fécondant des spermatozoïdes étrangers.

Les croisements réalisés en combinant les caractères pigmentaires et phalliques, confirment les résultats exposés dans mes Notes précédentes [1]. Les hybrides F_1, décelés par leur pigmentation, peuvent être du type A ou B, mais donnent tous, en F_2, 4 types de descendants : A et B tachetés, A et B sans taches. Les A et B apparaissent en F_2 suivant des proportions variables comme je l'ai indiqué, indépendamment des types

[1] *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 977 et **205**, 1937, p. 936.

de pigmentation, pour lesquels la ségrégration 3 : 1 se vérifie, indiquant la libre combinaison des gamètes, suivant les lois du hasard, dans l'autofécondation des hybrides isolés.

Il était intéressant de rencontrer, chez *Bulinus*, à côté des caractères phalliques, qui sont une expression phénotypique labile, un caractère mendélien simple. Les recherches que je poursuis sur la fécondation et l'hérédité de l'aphallie chez *Bulinus* feront prochainement l'objet d'une publication plus détaillée.

BIOLOGIE. — *Une anomalie physiologique héréditaire chez la Drosophile.* Note (¹) de MM. **Philippe L'Héritier** et **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

Les Drosophiles plongées dans une atmosphère riche en gaz carbonique deviennent inertes en quelques secondes. L'inertie, complète tant que les mouches restent maintenues dans cette atmosphère, se prolonge un temps plus ou moins long après leur remise à l'air libre. Mais, quels que soient l'âge et l'état de nutrition des animaux, quelle que soit, entre 0° et 30°, la température de l'expérience, quelle que soit aussi, entre quelques secondes et 5 heures, la durée de l'anesthésie, le traitement au CO^2 n'exerce aucune action durable sur les Drosophiles. Après un réveil assez brusque, elles retrouvent leur entière mobilité et un comportement parfaitement normal. Nous avons vérifié cette innocuité du gaz carbonique sur plus de 20 souches distinctes, normales ou mutantes, dont plusieurs se montrent assez peu résistantes à d'autres agents.

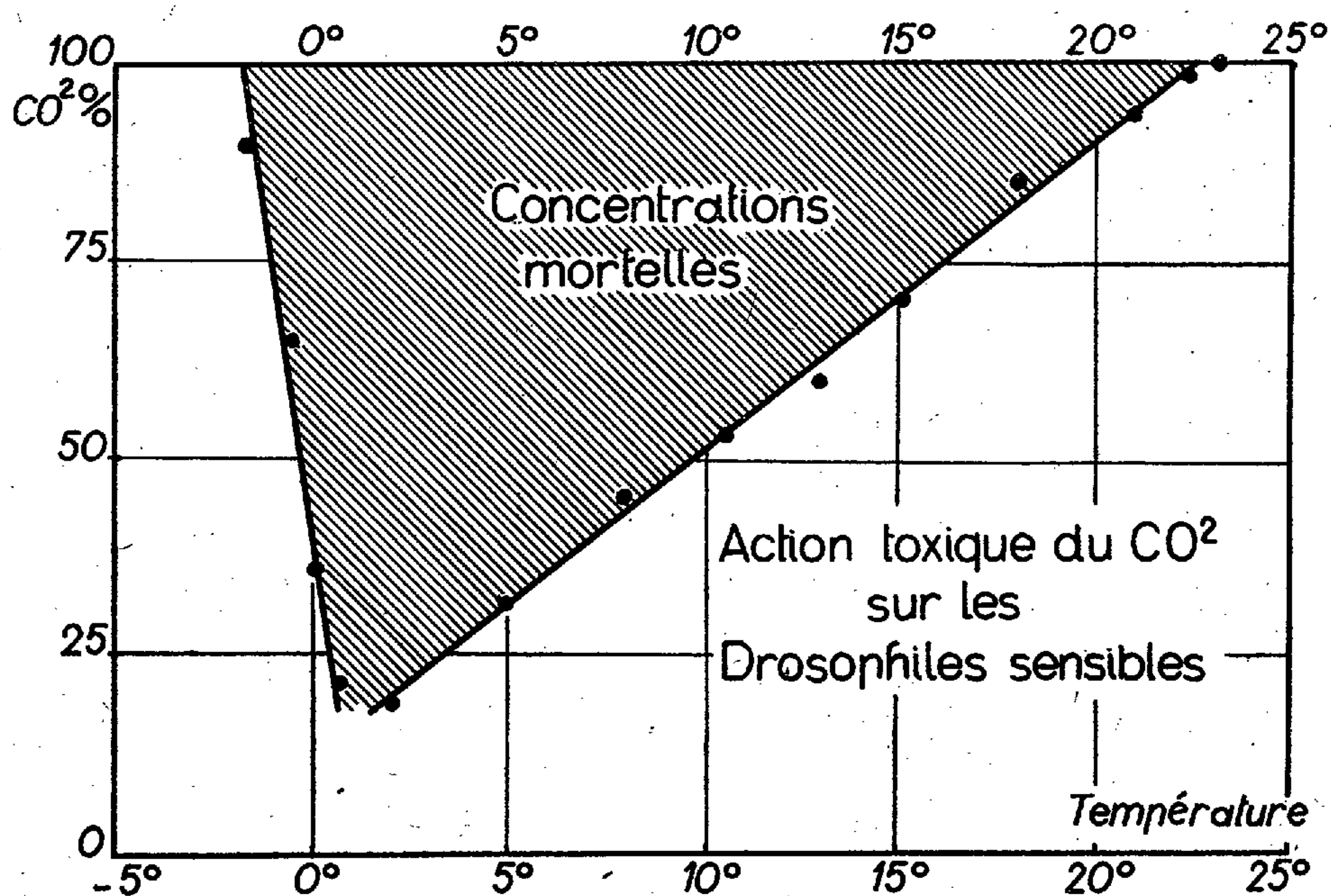
Une de nos souches *ebony*, que nous possédons depuis 5 ans, présente cependant une réaction tout à fait exceptionnelle à ce traitement : pour elle le gaz carbonique est un poison. Ces Drosophiles, lorsqu'elles ont séjourné même un temps court dans une atmosphère suffisamment riche en ce gaz, restent, après leur réveil, dans un état tout à fait anormal. Elles peuvent exécuter des mouvements parfois assez vigoureux, mais ces mouvements incoordonnés ne leur permettent ni le vol, ni la marche et elles ne tardent pas à mourir. Avec une concentration très forte en gaz carbonique il n'y a même plus de réveil. Nous avons étudié systématiquement à diffé-

---

(¹) Séance du 22 novembre 1937.

rentes températures la réaction des mouches de la souche sensible à des concentrations variables de gaz carbonique.

Des essais préalables nous ont montré que la durée de séjour des mouches dans l'atmosphère étudiée ne changeait pas le résultat final de l'expérience. Nous avons tenu néanmoins à faire tous nos essais dans des conditions uniformes et maintenu chaque lot de mouches pendant 5 minutes au contact d'un mélange en proportions connues d'air et de gaz carbonique, porté à une température déterminée.



A chaque température il existe une concentration au-dessous de laquelle les Drosophiles sensibles paraissent se comporter comme les normales et ne présentent aucun signe d'intoxication. Au-dessus de ce seuil, le pourcentage des mouches intoxiquées augmente rapidement avec la concentration et, lorsque celle-ci dépasse une certaine valeur, aucun individu ne survit. C'est ainsi qu'à 5° un mélange comportant 25 pour 100 de CO^2 ne tue aucune mouche, tandis qu'un mélange à 35 pour 100 les tue toutes. A 21°, toutes les mouches survivent à un séjour dans une atmosphère à 90 pour 100 de CO^2, tandis qu'un mélange à 95 pour 100 est sûrement mortel.

Le graphique ci-dessus montre les variations en fonction de la tempé-

rature de la concentration en gaz carbonique qui entraîne une mortalité de 50 pour 100. On voit qu'entre 2° et 23° cette concentration croît linéairement avec la température. Au-dessus de 23°, il devient impossible, même en employant du CO^2 pur, de tuer les mouches sensibles qui, dès lors, ne diffèrent plus des Drosophiles ordinaires. Aux basses températures, que les Drosophiles supportent bien pendant un temps court (10 minutes au moins à — 7°), la marche du phénomène change brutalement. Au-dessous de + 0°,5 la toxicité du CO^2 diminue très vite avec la température et, à — 2° et au-dessous, il est de nouveau impossible de tuer ces Drosophiles avec du gaz carbonique.

Des expériences du même type, faites en mélangeant au gaz carbonique de l'oxygène ou de l'azote purs, nous ont montré qu'à égalité de concentration en CO^2 les trois mélanges essayés donnaient le même résultat. A 10° et 20°, nous avons vérifié que les concentrations entraînant une mortalité de 50 pour 100 étaient identiques, que l'on utilise l'air, l'azote ou l'oxygène.

Nous ne voyons actuellement aucune interprétation physiologique de ces faits. Quelques essais isolés nous portent à penser que le gaz carbonique agit sur d'autres espèces d'insectes comme il le fait sur les Drosophiles normales, et que le réaction si particulière de notre souche sensible constitue une véritable monstruosité physiologique héréditaire. Cette souche paraît ne présenter par ailleurs aucune singularité physiologique; en particulier son comportement vis-à-vis de l'anesthésie à l'éther est tout à fait normal. Nous étudions actuellement la transmission héréditaire de ce caractère physiologique qui n'est certainement pas lié au gène *ebony*. Elle paraît obéir à des règles bien définies et assez remarquables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Isolement d'un* facteur oxydant *du sang de malades cancéreux et de sujets normaux. Déficience des sangs cancéreux en ce facteur*. Note de M. **Emile Rousseau**, présentée par M. Maurice Javillier.

En opérant sur le sang de malades cancéreux, soit au début de la formation de leur tumeur (cancer du col de l'utérus) soit présentant une tumeur très évoluée et ulcérée, malades pour la plupart opérés (électrocoagulation), cachectiques, avec ou sans métastases, nous avons observé que, dans tous ces sangs, un facteur oxydant hématique était quantita-

tivement inférieur de 20 à 30 pour 100 à celui qui existe dans le sang, pris comme témoin, de sujets normaux.

Cinquante sangs ont été prélevés par ponction aseptique (20^{cm^3}); ils ont été reçus dans une solution stérile de citrate sodique ($0^g,200$ + 5 gouttes d'eau distillée).

Une heure après la ponction, les sangs (normaux et cancéreux) furent rapidement déshydratés, en couche mince, dans un vide profond en présence de P^2O^5, et les extraits secs ont subi le traitement suivant :

Quatre grammes de chaque extrait sont finement pulvérisés en présence de 4^g de poudre de verre lavée et stérile; on glisse le mélange dans une cartouche à extraction que l'on place dans un flacon bouché à l'émeri. Sur cette poudre, on verse une quantité suffisante d'éther pur et anhydre; après 24 heures, on renouvelle l'éther et recommence pendant 5 à 6 jours, jusqu'à ce qu'une goutte d'éther filtré n'abandonne qu'une très légère tache. L'évaporation des liquides éthérés laisse un premier extrait qui, dans le cas du sang cancéreux, renferme plus de cholestérol que l'extrait du sang normal (20 à 25 pour 100).

Les poudres hématiques, privées d'éther dans le vide, subissent ensuite un traitement identique avec de l'alcool à 96°-100° lequel, par évaporation, abandonne un second résidu cireux et jaune (sels biliaires, cholestérol, acides gras, etc.) parsemé de petites particules amorphes, et celles-ci sont isolées en versant sur chaque extrait, à trois reprises, 10^{cm^3} d'éther anhydre, maintenu chaque fois 10 minutes, ensuite une même dose d'alcool 96°-100°.

Il reste, finalement, une poussière légèrement jaune qu'on reprend par 2^{cm^3} d'eau distillée qu'on évapore dans le vide (P^2O^5); on pèse ces particules. Au contact de l'eau, celles-ci donnent une pseudo-solution légèrement opalescente, floculant avec l'alcool, l'acétone, ne dialysant pas, ne donnant pas la réaction du glycogène.

Nous avons trouvé, en moyenne :

Sang normal (20^{cm^3}) : $0^g,045$ *à* $0^g,055$, *soit* $2^g,250$ *à* $2^g,750$ *pour* 1000 *de sang.*

Sang cancéreux (20^{cm^3}) : $0^g,021$ *à* $0^g,034$, *soit* $1^g,105$ *à* $1^g,700$ *pour* 1000 *de sang.*

Si l'on dissout séparément chacun des résidus isolés de ces sangs dans 5^{cm^3} d'eau distillée, qu'on prélève 1^{cm^3} de chaque liquide, qu'on ajoute à chacun 1^{cm^3} d'une solution de bleu de méthylène à $1/5000^e$ dont 100^{cm^3} ont été décolorés par $0^g,01$ d'hydrosulfite de soude, on observe, par rapport à

un témoin (1^{cm^3} d'eau distillée + 1^{cm^3} de leuco-bleu), que la pseudo-solution du facteur de sang normal vire au bleu foncé, celle du facteur de sang cancéreux au vert clair, alors que le témoin reste incolore (10 minutes).

Ce facteur du sang normal et du sang cancéreux est thermolabile (+ 60°) et la fonction oxydante de la pseudo-solution, maintenue à la glacière (+ 4°) pendant 15 jours, s'atténue progressivement pour disparaître complètement; ce facteur renferme 60 à 62 pour 100 de cendres.

Quel qu'ait été l'état des malades cancéreux auxquels nous avons prélevé du sang, quelles qu'aient été la localisation et la nature de leur tumeur (épithélioma, carcinome, sarcome, etc.) le sang de ces malades a toujours présenté une déficience quantitative, en substance oxydante hématique, en rapport avec l'état évolutif de la néoplasie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le mode d'action de la pepsine.* Note de M. **Jean Loiseleur**, transmise par M. Gabriel Bertrand.

La charge électrique d'un protéide est, comme on le sait, sous la dépendance de la dissociation de certains groupes ionogènes de la molécule, tels les groupes $-NH^2$ en milieu acide, les groupes $-COOH$ en milieu alcalin. L'hydrolyse diastasique, ouvrant la molécule protéique, modifie la répartition initiale de ces groupes ionogènes. Les variations correspondantes de la charge électrique sont-elles susceptibles de fournir des renseignements sur la marche de l'action diastasique ? Voici ce que répond l'expérience :

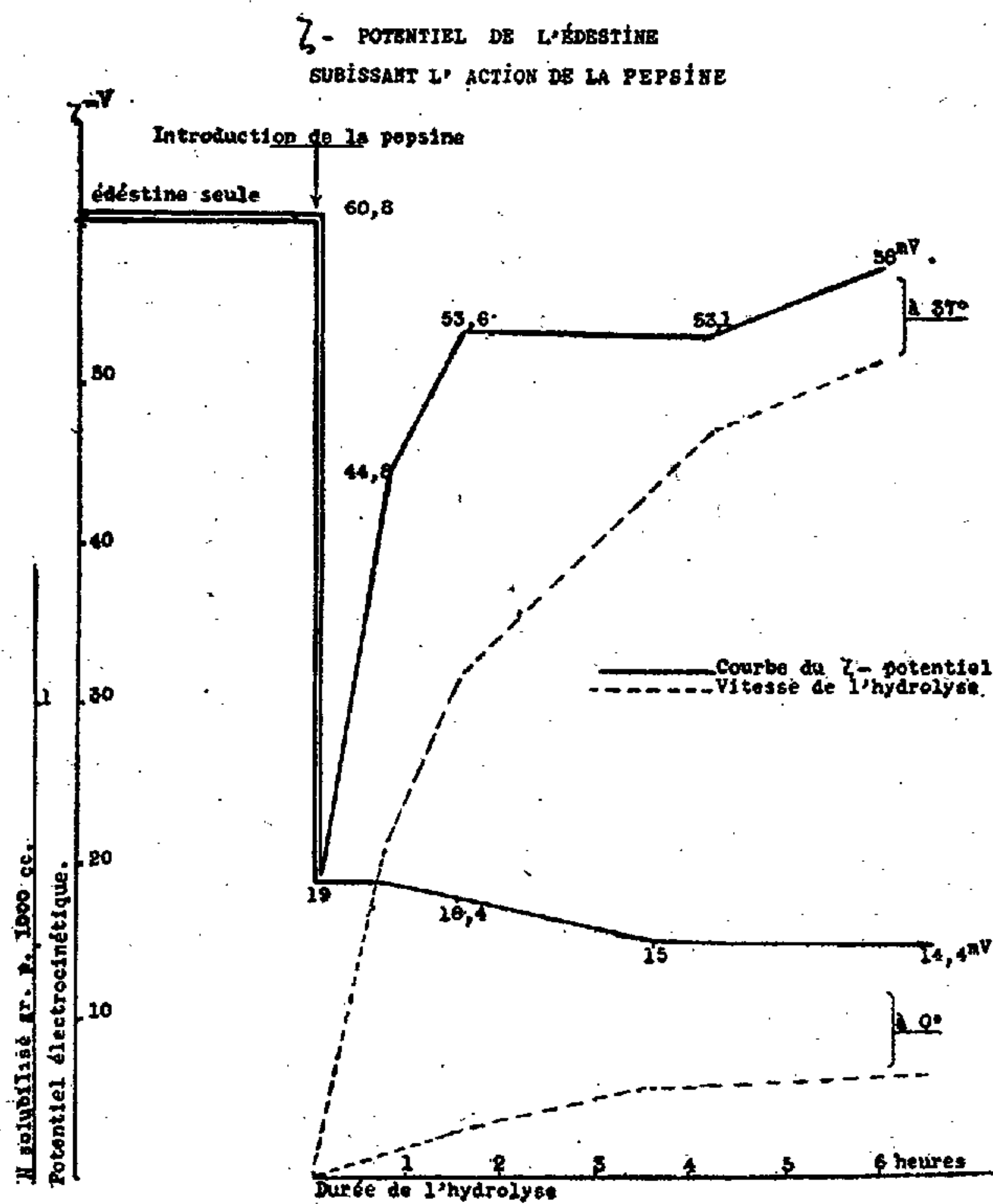
On mesure, à intervalles réguliers, le potentiel électrocinétique [1]

---

[1] Le potentiel électrocinétique a été mesuré par l'électrophorèse des protéides préalablement adsorbés sur des particules de quartz selon le procédé d'Abramson (R. Audubert, *Propriétés électrochimiques des protéines*, Paris, 1935), dans un champ de 1 volt/cm entre deux électrodes constituées par de larges plaques de platine, ces électrodes présentant une réversibilité satisfaisante sous la double condition d'opérer avec une faible densité de courant (quelques microampères par centimètre carré) et de répéter chaque mesure dans les deux sens pendant des durées égales, de façon à annuler chaque fois la polarisation. La vitesse absolue V des particules a été mesurée par la méthode de Mlle Choucroun (*Comptes rendus*, 199, 1934, p. 36), le potentiel électrocinétique ζ étant calculé par la formule de Debye-Hückel

$$\zeta = \frac{4\pi\eta V}{D} \quad (\eta = \text{viscosité}; \ D = \text{constante diélectrique}).$$

(ce dernier proportionnel à la charge électrique mais plus directement accessible) au cours de l'hydrolyse pepsique de divers protéides (pH = 2,2, $t = 37°$), tout en suivant la marche de l'hydrolyse par voie chimique.



Or l'expérience révèle des variations caractéristiques du ζ-potentiel des protéides au cours de l'action de la pepsine (²) :

1° Dès l'introduction de la pepsine, par conséquent avant toute hydrolyse, un phénomène immédiat et constant se produit : c'est la chute brusque du ζ-potentiel. Cette chute est d'autant plus considérable que le protéide sera plus fortement attaqué par la diastase : chute de 66 pour 100 pour l'édestine, 45 pour 100 pour l'ovalbulmine, 12 pour 100 pour la gélatine, chute nulle pour la fibroïne. Cette chute immédiate se manifeste dès 0°, elle est proportionnelle à la quantité de pepsine en solution. Il va sans dire que les essais-témoins avec les constituants de la

(²) Suc gastrique pur de fistule ou *pepsinum absolutum* Merck.

réaction pris isolément, ne donnent pas lieu à une chute de potentiel mesurable.

La diminution de la charge ainsi constatée ne peut provenir que d'une diminution du nombre des groupes ionogènes dissociés : elle doit être due à l'existence d'une combinaison entre la pepsine et ces groupes. D'autre part la chute n'est jamais totale, quelle que soit la quantité de pepsine introduite : ce qui montre que certains groupes ionogènes ne se prêtent pas à cette combinaison immédiate.

2° La vitesse avec laquelle s'opère cette combinaison de la pepsine et du protéide commande la marche de l'hydrolyse. En effet, pour une grande vitesse d'hydrolyse (édestine à 37°), le ζ-potentiel rebondit proportionnellement à l'hydrolyse jusqu'à une valeur élevée. C'est donc que la formation du complexe diastase-substrat est immédiate ; et la courbe de l'évolution du ζ-potentiel présente une allure explosive. Pour une vitesse d'hydrolyse médiocre (gélatine à 37°), le potentiel décroît lentement ; la vitesse de la formation du complexe est alors aussi faible que la vitesse de l'hydrolyse.

3° L'hydrolyse est ainsi sous la dépendance de la combinaison initiale : pas d'hydrolyse sans chute préalable du ζ-potentiel. Inversement, les deux phénomènes peuvent être dissociés, lorsqu'on stabilise le complexe sans provoquer d'hydrolyse, soit en opérant à 0° (courbe de l'édestine à 0°) soit en soumettant au préalable la pepsine à l'action ménagée de la chaleur (1 heure à 70°) : la chute immédiate du potentiel se manifeste encore affaiblie seulement de 10 pour 100, mais la vitesse de l'hydrolyse est diminuée de 70 pour 100. Toutefois, si la pepsine est dénaturée complètement à la suite d'un chauffage prolongé et à température plus élevée, l'inactivation de la pepsine est totale. Dans ce cas on n'observe ni action d'hydrolyse, ni action sur le potentiel.

En résumé, l'évolution du potentiel électrocinétique d'un protéide soumis à l'action de la pepsine confirme l'hypothèse souvent émise et selon laquelle la protéolyse est précédée de la fixation de la pepsine sur le protéide.

PROTISTOLOGIE. — *Les chromosomes spiraux de la première mitose schizogonique du Foraminifère* Patellina corrugata *Will.* Note (¹) de M. **Jean Le Calvez**, présentée par M. Maurice Caullery.

Patellina corrugata Will., petit Foraminifère déjà curieux par son mode plastogamique de reproduction sexuée, l'est aussi par la structure de sa chromatine au cours des deux divisions schizogoniques.

L'évolution est synchrone dans tous les noyaux (dont le nombre varie entre 3 et 10). Sur les plus précoces figures prophasiques, les chromosomes [24 d'après Myers (²)] sont scindés longitudinalement en deux chromatides jumelles, qui perdent bientôt tout contact et subissent au cours de la prophase une contraction linéaire intense accompagnée d'augmentation du calibre.

Pendant la rotation des deux fuseaux, les chromatides basculent sur place et s'orientent vers leur pôle respectif. En fin de métaphase, elles sont entassées sans grand ordre dans la région équatoriale du noyau et peuvent à ce moment prendre le nom de chromosomes-fils. Chaque élément plié en deux, repose sur la fibre fusoriale par un étranglement d'insertion très prononcé, tourné vers le pôle déjà dicentrique (*fig.* 1). Les branches inégales et massives portent sur toute leur longueur des variations annulaires et sembleraient composées d'une pile de disques chromatiques juxtaposés, si l'évolution ultérieure ne montrait qu'un tel aspect est dû à l'empâtement d'une spirale contractée.

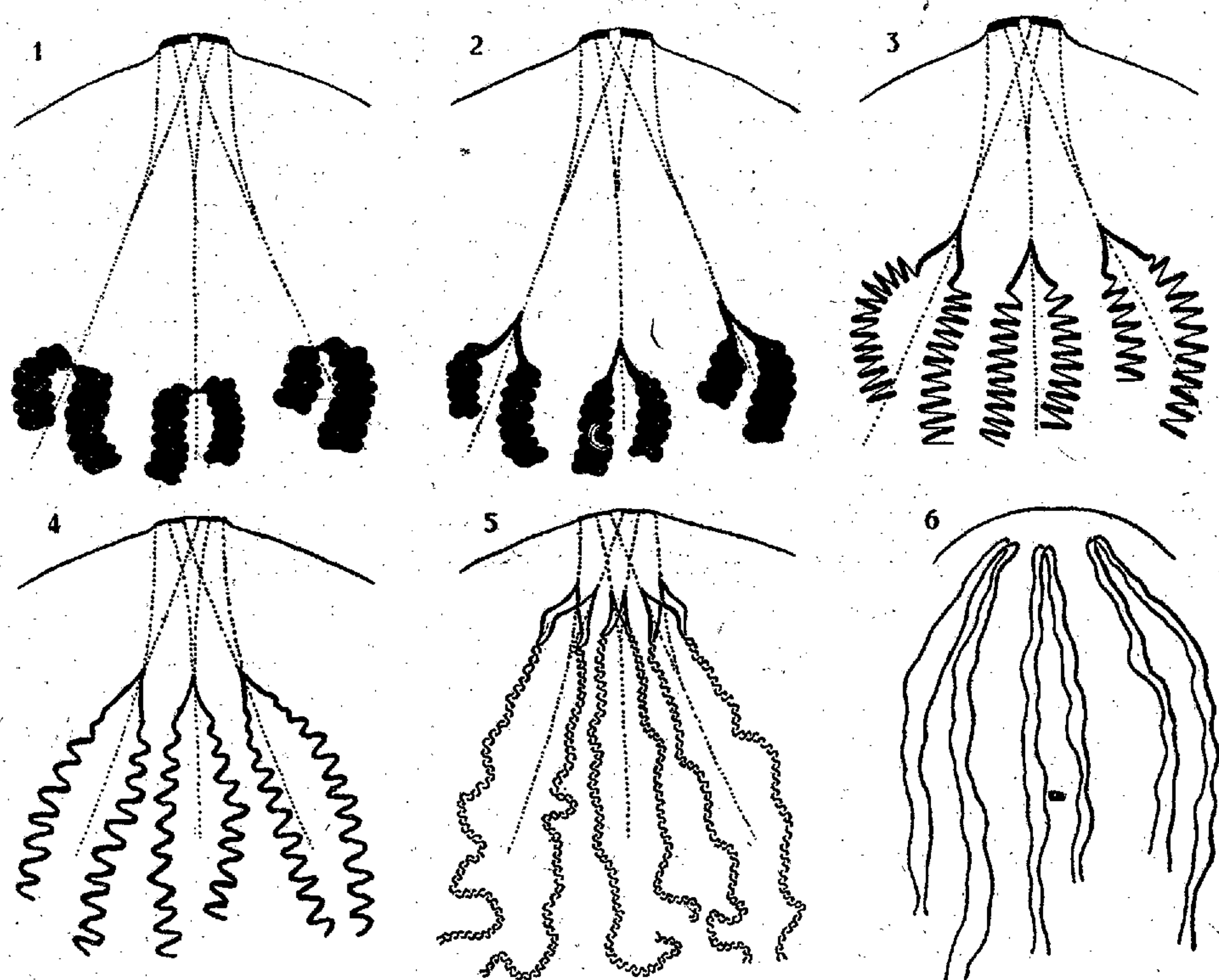
Au début de l'anaphase, l'étranglement d'insertion monte seul vers le pôle et tire derrière lui une petite bride en V réunissant les deux masses chromatiques (*fig.* 2). Mais, presque aussitôt, chaque branche sollicitée dans sa partie proximale, se dévide à la manière d'un ressort à boudin dont on tirerait l'extrémité (*fig.* 3). Le relâchement des spires se propage dans tout le chromosome-fils, dont les extrémités distales restent toujours à l'équateur du noyau (*fig.* 4).

Au cours de l'anaphase, une nouvelle structure se développe. L'apex des chromosomes déroulés se fend en deux V-fils dès qu'il arrive près du pôle. En même temps, chaque élément filiforme, d'abord rugueux, se

(¹) Séance du 22 novembre 1937.

(²) E. H. Myers, *Scripps Inst. of Ocean* (*Bull. Techn. Ser.*, 3, 1935, p. 355).

dédouble en deux chromonemata plus minces, tordus en spirale l'un sur l'autre (*fig.* 5). Puis, les torsades se relâchent et libèrent leurs deux brins; en fin d'anaphase, il existe alors dans chaque demi-noyau un nombre d'anses couplées double du chiffre diploïde (*fig.* 6). Enfin la mitose s'étire en biscuit, se pince au milieu sans que la membrane disparaisse, et chaque noyau-fils s'arrondit.



Première mitose schizogonique de *Patellina corrugata* Will. — 1, fin de la métaphase; 2, début de l'anaphase : montée de l'étranglement d'insertion; 3, déroulement de la spirale secondaire; 4, relâchement des spires; 5, dédoublement proximal et apparition de la spirale primaire; 6, fin de l'anaphase : effacement des centrosomes et séparation des chromonemata (chromatides de la seconde mitose).
(Figures semi-schématiques ne concernant qu'un pôle. Trois chromosomes-fils et leurs fibres correspondantes ont seulement été représentés).

Le chromosome prophasique de la première division schizogonique de *Patellina* se trouve donc composé d'une paire longitudinale de chromatides séparées dès l'aube de la prophase. Chaque chromatide, devenue rapidement un chromosome-fils, comprend un couple de chromonemata minces et intimement torsadés (*spirale primaire*). Cette tresse est elle-même

enroulée suivant une spirale à tours plus grands (*spirale secondaire*), mais si contigus que le chromosome-fils en paraît massif avant l'anaphase.

La seconde mitose schizogonique débute d'emblée sans quiescence par la séparation des paires préformées. Chaque couple d'anses, issu de la détorsion anaphasique précédente, prendrait à son tour la valeur morphologique d'un chromosome prophasique (et chaque anse celle d'une chromatide) si la séparation définitive des deux moitiés longitudinales n'était déjà accomplie. Dès le début de cette seconde cinèse, il n'y a donc plus que des chromosomes-fils. A l'encontre de la première, aucune spirale n'est visible dans les minces éléments méta- et anaphasiques. L'évolution s'achève par un retour hâtif au repos, qui ne permet pas de pousser plus loin la sériation des structures.

Par contre l'absence de repos intercalaire entre les deux mitoses, évitant toute discontinuité dans l'observation des éléments, montre nettement que, dès l'anaphase de la première division, les chromatides de la seconde s'individualisent, et s'accorde avec l'interprétation de la quiescence chromosomienne comme une vacuolisation du couple constituant.

La structure doublement spiralée qui vient d'être décrite, n'a été rencontrée jusqu'ici chez aucun autre chromosome de Protiste. Mais il est remarquable de constater qu'elle se superpose entièrement à des arrangements bien connus dans les méioses ou mitoses de certains végétaux (Commélinacées, Liliacées), et étendus très récemment à quelques cellules animales ([3]). C'est une nouvelle confirmation à l'identité des phénomènes nucléaires chez les Protozoaires et les Métazoaires.

MICROBIOLOGIE. — *Chimiothérapie antiendotoxique.* Note de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Félix Mesnil.

Deux faits nous ont conduits à admettre que des dérivés benzéniques sulfurés pouvaient exercer *in vivo* une action neutralisante à l'égard de certaines toxines microbiennes. D'abord nos constatations ([1]) concernent

([3]) S. Makino, *Journ. Faculty Sci., Hokkaido Imp. Univ.*, 6e série, *Zoology*, 5 n° 1, 1936, p. 29.

([1]) Levaditi et Vaisman, *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1937, p. 1077. Confirmé par Meyer, *Quart. Bull. Sea Wiew Hosp.*, 2, 1937, p. 148.

la neutralisation de l'hémolysine streptococcique et de la leucocidine élaborée par les streptocoques pathogènes, en présence des azoïques sulfamidés; ensuite les particularités de l'action curative des composés benzéniques sulfamidés, sulfonés ou sulfoxydes dans la gonococcie expérimentale de la souris ([2]). Il nous est, en effet, apparu que, chez les souris inoculées par voie intrapéritonéale avec des gonocoques additionnés de mucine, et qui succombent entre 18 et 48 heures, la mort est due soit à la péritonite et à la septicémie gonococcique, soit à une intoxication par les *endotoxines* du gonocoque. Dans ce dernier cas, la cavité péritonéale ne contient pas de gonocoques, ceux-ci ayant subi une lyse totale avant la mort de l'animal (lyse intra- ou extra-leucocytaire). Dans une série de 43 souris, inoculées au même moment, 20 pour 100 des animaux appartenaient à cette dernière catégorie.

Or, certains dérivés benzéniques sulfurés, tels, entre autres, le diaminodiphénylsulfone, le dioxydiphénysulfone, le diacétyldiaminodiphénylsulfoxyde, et surtout le 4-nitro-4' aminodiphénylsulfoxyde ([3]), agissent curativement, que la mort des souris témoins soit due à la péritonite gonococcique ou à l'intoxication par les endotoxines du gonocoque. Il s'ensuit que, dans ce cas particulier, la chimiothérapie est à la fois antimicrobienne et antiendotoxique.

Afin de le démontrer d'une manière irréfutable, nous avons utilisé dans des expériences analogues, non pas des gonocoques vivants, mais des extraits de corps microbiens dévitalisés. De tels extraits, préparés en congelant et décongelant des émulsions concentrées de gonocoques, ont été injectés, après centrifugation, à des souris par voie intraveineuse; ils ont provoqué la mort des animaux en 18 à 24 heures. Mais les résultats ont été meilleurs en utilisant la technique suivante : émulsions concentrées de gonocoques (cultures âgées de un à cinq jours), isolement des corps microbiens par centrifugation, dessiccation dans le vide sulfurique pendant 24 heures, injection intrapéritonéale à la dose de 3^{mg}, 2^{mg}, $1^{mg},5$ et 1^{mg} pour une souris d'environ 20^{g}.

D'autre part nous avons éprouvé l'action curative antiendotoxique du dérivé 4-nitro-4' aminodiphénylsulfoxyde, celui, précisément, qui s'était révélé le plus actif dans l'infection gonococcique expérimentale ([4]).

([2]) LEVADITI et VAISMAN, *Presse médicale*, 78, 1937, p. 1371.

([3]) GIRARD, RAY et RICHARD, *Nature*, 140, 1937, p. 283.

([4]) LEVADITI, GIRARD, VAISMAN, RAY et RICHARD, *Bull. Soc. franç. de Dermat. et de Syphiligraphie*, séance du 4 novembre 1937 (*sous presse*).

RÉSULTATS. — 1° *Endotoxine desséchée :* Dose 3^{mg} pour une souris de 20^g. Voie intrapéritonéale. Traitement simultané (3^{mg} du corps *per os*).

Témoins (5), 24 heures : 2 V + 3 M [5]; deuxième jour : 5 M; *survie définitive :* 0.

Traitées (10), 24 heures : 5 V + 5 M; deuxième jour : 3 V + 7 M; *survie définitive :* 3 V (30 pour 100).

2° *Endotoxine desséchée :* Dose 2^{mg}. Traitement simultané (5^{mg} *per os*).

Témoins (10), 24 heures : 5 V + 5 M; 36 heures : 3 V + 7 M; deuxième jour : 10 M; *survie définitive :* 0.

Traitées (20), 24 heures : 13 V + 7 M; 36 heures : 12 V + 8 M; *survie définitive :* 12 V (60 pour 100).

3° *Endotoxine desséchée :* Dose $1^{mg},5$. Traitement simultané (5^{mg} *per os*).

Témoins (20), 24 heures : 6 V + 14 M; deuxième jour : 5 V + 15 M; du cinquième au septième jour : 2 V + 18 M.

Traitées (20), 24 heures : 11 V + 9 M; *survie définitive :* 11 V (55 pour 100).

Conclusions. — Il en résulte que le 4-nitro-4′ aminodiphénylsulfoxyde, administré par voie buccale, protège la souris contre l'intoxication provoquée par l'endotoxine gonococcique, dans une proportion assez élevée (55 à 60 pour 100 pour des doses d'endotoxine comprises entre $1^{mg},5$ et 2^{mg} de produit sec). L'activité thérapeutique *in vivo* de certains dérivés benzéniques sulfurés est donc à la fois antimicrobienne et antitoxique. *C'est la première fois que l'on démontre la possibilité d'une chimiothérapie antitoxique, ce qui ouvre des perspectives nouvelles sur le plan du traitement chimiothérapique des infections microbiennes toxigènes.* En outre, nos essais montrent que les souris, ayant survécu à une inoculation intrapéritonéale d'endotoxine gonococcique, acquièrent l'immunité antigonococcique, ce qui n'est pas le cas des souris guéries par le produit sus-indiqué. D'où il semble ressortir que le dérivé benzénique sulfuré, en neutralisant l'endotoxine, annihile en même temps son pouvoir antigénique vaccinant [6].

A $16^h 5^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.

---

[5] M = morte; V = vivante.

[6] Des recherches avec d'autres endotoxines, par exemple celle du B. d'Aertrycke, préparée par M. Boivin et Mme Mesrobeanu, fournissent des résultats nettement positifs.

ERRATA.

(Séance du 3 novembre 1937.)

Note de M. *Marc Krasner*, Définition de certains anneaux non commutatifs. Classification des extensions primitives de corps à valuation discrète :

Page 772, ligne 31, *au lieu de* $\lambda \mathrm{W}(a, \mathrm{Q})$, *lire* $\lambda \in \mathrm{W}(a, \mathrm{Q})$, et *au lieu de* de $\frown$, *lire* de ; ligne 33, *au lieu de* $\lambda = \alpha_0 + \alpha_1 z_a + \ldots + \alpha_n z_a^h$, *lire* $\lambda = \alpha_0 + \alpha_1 z_a + \ldots + \alpha_n z_a^n$.

Page 773, ligne 29, *au lieu de* φ_q, *lire* ψ_q.

Page 774, ligne 24, *au lieu de* telle que, *lire* telle que toute.

(Séance du 8 novembre 1937.)

Note de M. *René Swyngedauw*, Sur le glissement d'une transmission à poulies inégales :

Page 839, ligne 4, dans l'équation qui exprime Γ, *au lieu de* $\frac{\mathrm{U} - \mathrm{U}'}{\mathrm{V}}$, *lire* $\frac{\mathrm{U}' - \mathrm{U}''}{\mathrm{V}}$, et dans l'équation au bas de la même page (ligne 7 avant la fin), *au lieu de*

$$\frac{\mathrm{U}' - \mathrm{V}'}{\mathrm{V}} = \frac{\delta'}{\mathrm{R}'} = \frac{\mathrm{T}'_c - \mathrm{T}'}{\mathrm{E}s},$$

lire

$$\frac{\mathrm{U}' - \mathrm{V}'}{\mathrm{V}} = \frac{\delta'}{\mathrm{R}'} - \frac{\mathrm{T}'_c - \mathrm{T}'}{\mathrm{E}s}.$$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1937 (*suite et fin*).

Un Rochelais grand-maître de la Franc-Maçonnerie et physicien au XVIII[e] *siècle, le Révérend J.-E. Désaguliers,* par JEAN TORLAIS. La Rochelle, F.* Pijollet, 1937; 1 fasc. 23[cm],5.

La théorie des groupes finis et continus et la géométrie différentielle traitées par la méthode du repère mobile, par JEAN LERAY, in *Cahiers scientifiques*, fasc. XVIII. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 25[cm],5 (présenté par M. Cartan).

L'Emeri de Samos, par JACQUES DE LAPPARENT, extrait de *Mineralogische und Petrographische Mitteilungen,* 49 (1937), 1-30. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1 fasc. 23[cm],5.

Connaissance des Terres décolorantes, par JACQUES DE LAPPARENT, extrait du n° 546 de la *Revue de Chimie industrielle.* Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 fasc. 27[cm].

Le langage chimique du minéralogiste, par JACQUES DE LAPPARENT, extrait du *Bulletin de l'Association amicale des Ingénieurs-chimistes diplômés de l'Institut de Chimie de Strasbourg.* Strasbourg, Muh-Le Roux et C[ie], 1937; 1 fasc. 24[cm],5.

Étude pratique des rayonnements solaire, atmosphérique et terrestre (Méthodes et résultats), par CHARLES MAURAIN. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 25[cm],5.

Lepidopteren-Fauna von Estland (Eesti), par MAG. W. PETERSEN. Première et deuxième partie. Tallinn [Reval], Herausgeber Bildungsministerium des Freistaates Eesti, 1924; 2 vol. 23[cm],5 (en langue allemande).

Carte générale Bathymétrique des Océans, publiée par le Bureau Hydrographique international. Publication spéciale, n° 30, fascicule B_1. Monaco, 1937; 1 planche 72[cm] × 105[cm].

Carte générale Bathymétrique des Océans. Note sur la préparation de la Troisième édition de la feuille B_1, Océan Atlantique nord. Publication spéciale n° 30, fascicule B_1. Monaco, 1937; 1 fasc. 27[cm].

Über das Vorkommen und die Bestimmung von Methylalkohol in Gärungsprodukten, par HARALD JAUKER in *Aus dem Pharmakognostischen Institut der Universität Tartu.* Tartu, 1937; 1 fasc. 23[cm] (en langue allemande).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 DÉCEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Auguste Béhal** est élu Vice-Président pour l'année 1938 par l'unanimité de 56 suffrages exprimés.

MM. **Louis Bouvier** et **Robert Bourgeois**, par la majorité absolue, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Education Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 27 novembre 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **François Grandjean** pour occuper dans la Section de Minéralogie la place vacante par le décès de M. *H. Douvillé*.

Il est donné lecture de ce décret.

Notice sur M. George-Albert Boulenger, par M. **Charles Pérez**.

George-Albert Boulenger, qui vient de mourir à Saint-Malo le 23 novembre dernier, était né à Bruxelles le 19 octobre 1858. Dès sa jeunesse il manifesta un goût très vif pour l'Histoire naturelle et une véritable passion pour l'observation des mœurs des Batraciens et des Reptiles. Cette vocation se fixa d'une manière définitive, à l'époque de ses études à l'Université de sa ville natale, sous l'influence d'Alphonse Dubois, qui lui ouvrit les collections du Musée de Bruxelles et l'y fit nommer Aide-naturaliste. Boulenger aimait aussi à rappeler ce qu'il devait pour sa forma-

tion à un Français, Fernand Lataste, son aîné de quelques années, chasseur habile de Serpents et de Grenouilles et connaisseur expert de leur systématique et de leurs mœurs.

Comme Boulenger, pour compléter sa documentation, fréquentait le Muséum de Paris et le British Museum, ce dernier établissement ne tarda pas à lui confier la préparation d'un Catalogue descriptif des Batraciens, puis à s'attacher à demeure le jeune spécialiste comme Assistant d'Herpétologie, c'est-à-dire Conservateur en chef du Département des Reptiles, Batraciens et Poissons. Naturalisé Anglais, G.-A. Boulenger occupa ce poste pendant 40 ans et y accomplit une œuvre immense. Sous le titre modeste de *Catalogues des collections du British Museum*, il a publié successivement, de 1882 à 1896, deux volumes sur les Batraciens, trois sur les Lézards, un sur les Tortues et les Crocodiles, trois sur les Serpents; en outre un volume sur les Serpents d'Europe, une monographie des Lacertides, une Faune herpétologique de l'Inde, une Faune de la Péninsule malaise : au total un monument incomparable d'érudition et de sagacité, où les espèces sont décrites après comparaison du plus grand nombre possible d'exemplaires et étudiées d'une manière complète, aux multiples points de vue de leur variation, de leurs mœurs, de leurs conditions de vie, de leur répartition géographique : véritable somme de l'herpétologie moderne et modèle à proposer à toute œuvre de systématique.

La prédilection qu'il gardait depuis sa jeunesse pour les mœurs des Batraciens lui fit rédiger, sur les Anoures d'Europe deux volumes, édités par la Ray Society avec de magnifiques illustrations, et il a écrit en français sur le même sujet un excellent petit livre dans l'*Encyclopédie scientifique*.

La pénétration du Continent noir faisait d'autre part affluer au Musée de Tervueren et au British Museum une profusion de types totalement inconnus; Boulenger fut naturellement amené à consacrer une part importante de son activité aux Poissons africains : quatre volumes pour le Catalogue des Poissons d'eau douce d'Afrique, un volume sur les Poissons du Congo, deux sur les Poissons du Nil, où il fut le premier à décrire la faune ichthyologique du Tanganyika et du lac Victoria.

Ce travailleur infatigable [1] trouvait encore des loisirs pour interroger

---

(1) Une liste détaillée des publications de G. A. Boulenger a paru dans les *Annales de la Société Zoologique et Malacologique de Belgique*, 53, 1921, p. 11-88. Elle ne comprend pas moins de 875 notes et mémoires, sans compter les volumes rappelés ici.

la nature dans un domaine tout différent. Il s'était depuis longtemps passionné pour l'étude des Roses sauvages et quand, en 1920, il prit sa retraite et revint se fixer à Bruxelles, il se fit attacher au Jardin Botanique de l'État Belge pour y continuer ses recherches et publia deux volumes sur les Roses d'Europe et l'Herbier Crépin. Dans ce grand genre si polymorphe il retrouvait le problème philosophique de l'espèce qui avait préoccupé toute sa vie.

Membre de la Société Royale de Londres, G. A. Boulenger était Correspondant de notre Académie pour la Section d'Anatomie et Zoologie depuis le 3 juillet 1916.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Ondes hypersoniques dans les gaz.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Précédemment [1], j'ai développé la théorie des mouvements presque uniformes continus, en appliquant respectivement dans les mouvements subsoniques, soniques et hypersoniques des fonctions de variables complexes $x+iy$, $x+ky$, $x+jy$. Il est évident qu'on peut aussi développer la théorie de ces trois formes de mouvements, sans avoir recours à des nombres complexes; dans le cas des mouvements hypersoniques, par exemple, il suffirait de prendre les équations fondamentales, en conservant les notations de mes Notes précédentes, sous la forme

$$2a\,dx_1 = 2a\,d\varphi_1 - (\theta + a\varepsilon)\,d(\varphi_1 + a\psi_1) + (\theta - a\varepsilon)\,d(\varphi_1 - a\psi_1),$$
$$2\,dy_1 = 2\,d\psi_1 + (\theta + a\varepsilon)\,d(\varphi_1 + a\psi_1) + (\theta - a\varepsilon)\,d(\varphi_1 - a\psi_1),$$
$$\theta = f_1(\varphi_1 + a\psi_1) + f_2(\varphi_1 - a\psi_1), \qquad a\varepsilon = f_1(\varphi_1 + a\psi_1) - f_2(\varphi_1 - a\psi_1),$$

où f_1, f_2 sont des fonctions arbitraires. Je considère qu'il est cependant préférable de conserver la méthode des variables complexes qui s'est déjà montrée comme très utile. Je la conserverai donc dans l'étude des mouvements hypersoniques comprenant des discontinuités de divers ordres.

Si l'on veut développer cette théorie sans avoir recours au nombre complexe j, on peut prendre, comme facteurs discontinus,

$$\varpi = \frac{\varphi_1 + a\psi_1}{|\varphi_1 + a\psi_1|}, \qquad \bar{\varpi} = \frac{\varphi_1 - a\psi_1}{|\varphi_1 - a\psi_1|},$$

$|\varphi_1 \pm a\psi_1|$ exprimant la valeur absolue de $(\varphi_1 \pm a\psi_1)$.

Le symbole $|\varphi_1 \pm \chi a \psi_1|$ n'a aucun sens lorsqu'on y pose $\chi = i = \sqrt{-1}$.

---

[1] *Comptes rendus*, 202, 1937, p. 889, 1389 et 1887.

Au contraire, il en acquière un lorsqu'on y pose $\varkappa = j = 1$ ou $\varkappa = k = 0$, car $j^2 = 1$, $k^2 = 0$ et l'origine complexe de j et de k peut, dans certains cas ([2]), ne pas être prise en considération.

Nous conviendrons donc de définir les symboles $|\varphi_1 \pm ja\psi_1|$ et $|\varphi_1 \pm ka\psi_1|$ respectivement comme suit

$$\frac{\varphi_1 \pm ja\psi_1}{|\varphi_1 \pm ja\psi_1|} = \frac{\varphi_1 \pm a\psi_1}{|\varphi_1 \pm a\psi_1|}, \qquad \frac{\varphi_1 \pm ka\psi_1}{|\varphi_1 \pm ka\psi_1|} = \frac{\varphi_1}{|\varphi_1|}.$$

Il résulte immédiatement de cette définition que

$$\frac{|f(\varphi_1 \pm ja\psi_1)|}{f(\varphi_1 \pm ja\psi_1)} = \frac{|f(\varphi_1 \pm a\psi_1)|}{f(\varphi_1 \pm a\psi_1)}, \qquad \frac{|f(\varphi_1 \pm ka\psi_1)|}{f(\varphi_1 \pm ka\psi_1)} = \frac{|f(\varphi_1)|}{f(\varphi_1)}.$$

Nous conservons ainsi la possibilité de ramener toute fonction, continue ou discontinue, $F(\varphi_1 + \varkappa a\psi_1)$, $\varkappa$ étant égal à $\pm j$ ou à $\pm k$, à la forme

$$F_1(\varphi_1, a\psi_1) + \varkappa F_2(\varphi_1, a\psi_1).$$

Il nous reste à donner quelques précisions sur l'opérateur $\mathcal{D}$. On a évidemment $\mathcal{D} = \mathcal{D}^{-1}$. On a aussi

$$\mathcal{D} = \frac{d}{df}|f|, \qquad \frac{d\mathcal{D}}{df} = 0$$

pour toutes les valeurs de f, y compris la valeur zéro, si l'on convient de ne considérer comme dérivées en ce point de discontinuité que les dérivées à droite et à gauche en ce point.

Considérons comme application de ces développements le problème d'un jet gazeux avec discontinuités du premier ordre (ondes de choc). On peut définir un pareil mouvement en posant

$$\theta = A\left\{\frac{\sin\frac{\varpi}{2}}{\left|\sin\frac{\varpi}{2}\right|}\cos\frac{\varpi}{2} + \frac{\cos\frac{\varpi}{2}}{\left|\cos\frac{\varpi}{2}\right|}\sin\frac{\varpi}{2} + \frac{\sin\frac{\bar{\varpi}}{2}}{\left|\sin\frac{\bar{\varpi}}{2}\right|}\cos\frac{\bar{\varpi}}{2} + \frac{\cos\frac{\bar{\varpi}}{2}}{\left|\cos\frac{\bar{\varpi}}{2}\right|}\sin\frac{\bar{\varpi}}{2}\right\},$$

$$a\varepsilon = A\left\{\frac{\sin\frac{\varpi}{2}}{\left|\sin\frac{\varpi}{2}\right|}\cos\frac{\varpi}{2} + \frac{\cos\frac{\varpi}{2}}{\left|\cos\frac{\varpi}{2}\right|}\sin\frac{\varpi}{2} - \frac{\sin\frac{\bar{\varpi}}{2}}{\left|\sin\frac{\bar{\varpi}}{2}\right|}\cos\frac{\bar{\varpi}}{2} - \frac{\cos\frac{\bar{\varpi}}{2}}{\left|\cos\frac{\bar{\varpi}}{2}\right|}\sin\frac{\bar{\varpi}}{2}\right\},$$

([2]) D. RIABOUCHINSKY, *Valeur et origine d'un nombre* (*Atti del Congresso internazionale dei Matematici*, 6, Bologna, 1928, p. 492).

où $w = \varphi_1 + a\psi_1$ et $\overline{w} = \varphi_1 - ja\psi_1$, et l'on obtient, par conséquent, comme solution du problème posé,

$$x_1 = \varphi_1 - \frac{A}{2ja}\left\{\left|\sin\frac{w}{2}\right| - \left|\sin\frac{\overline{w}}{2}\right| - \left|\cos\frac{w}{2}\right| + \left|\cos\frac{\overline{w}}{2}\right|\right\},$$
$$y_1 = \psi_1 + \frac{A}{2}\left\{\left|\sin\frac{w}{2}\right| + \left|\sin\frac{\overline{w}}{2}\right| - \left|\cos\frac{w}{2}\right| + \left|\cos\frac{\overline{w}}{2}\right|\right\}.$$

Pour calculer la pression on a l'équation $p - p_1 = -\rho_1 q_1^2 \varepsilon$. Le jet qu'on obtient ainsi est limité par deux courbes ondulées avec points anguleux. La ligne de symétrie du jet correspond à la valeur $2a\psi_1 = \pi$ et les deux lignes de pression constante, limitant le jet, aux valeurs $\psi_1 = 0$ et $a\psi_1 = \pi$. Les lieux de discontinuité de pression, formant des losanges légèrement curvilignes, sont déterminés par les équations $\varphi_1 \pm a\psi_1 = n\pi$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$. En tout point des lignes limitant le jet, y compris leurs points anguleux, la pression p conserve la valeur p_1. Ces résultats sont en bon accord avec l'expérience et l'expliquent très bien.

On obtient d'une façon analogue les équations de jets comprenant des discontinuités du second ordre et, en général, du $n^{\text{ième}}$ ordre. Nous avons déjà discuté précédemment le cas d'un jet continu. En superposant ces différents mouvements, on peut obtenir des jets très compliqués. Les solutions étant périodiques, on peut les prolonger dans tout le plan et, en communiquant à toute la masse fluide la vitesse $-q_1 = -C_1 \sec\alpha_1$, on obtient un mouvement ondulatoire se propageant avec la vitesse $-q_1$. Cette vitesse peut être interprétée comme *vitesse de groupe* de deux systèmes d'ondes parallèles se propageant avec la célérité C_1 du son formant respectivement des angles α_1 et $-\alpha_1$ avec l'axe de symétrie du mouvement. On peut, par exemple, imaginer un pareil système d'ondes comme étant engendré par un très grand nombre de *projectiles* lancés dans la même direction avec la vitesse $-q_1$.

Les vecteurs $\vec{q}_1$, $\vec{\theta}_1$ et $\vec{C}_1$ tendent à former un trièdre trirectangle, lorsque l'angle α_1 tend vers $\pi/2$.

L'hypothèse assimilant l'éther, propageant des vibrations transversales, à un milieu continu compressible n'est donc pas nécessairement contradictoire.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur les variations de la fonction de réserve chez le Topinambour autonome et greffé.* Note de M. **Lucien Daniel.**

En 1923 et 1924, j'ai étudié les curieuses variations des fonctions de réserve et d'excrétion chez le Topinambour autonome, et chez le même type greffé ou surgreffé avec le Soleil annuel et autres Composées Radiées. J'avais constaté non seulement des modifications profondes dans la morphologie des appareils, mais aussi dans la nature relative des produits. Ainsi l'inuline contenue dans les tubercules aériens de tiges que j'avais enterrées dans le sol émigrait de certains de ces organes dans d'autres plus vigoureux ou mieux placés; la coexistence de l'inuline et de la chlorophylle pouvait exister dans les couches corticales de l'écorce chez les tubercules aériens violacés; il en était exceptionnellement de même de l'inuline et de l'amidon quand l'endoderme de la tige conservait, très exceptionnellement, son caractère amylifère ([1]). Pendant l'hiver, j'avais noté que les tubercules souterrains du Topinambour subissaient des variations quantitatives importantes dans leur constitution chimique. Il y avait des moments où l'inuline disparaissait pour faire place aux sucres. Même, j'avais remarqué parfois, que, en laissant sécher à l'air des tubercules de Topinambour ceux-ci acquéraient une saveur sucrée nettement perceptible à la dégustation.

J'ai étudié, en 1926, en collaboration avec feu le Dr Caille, professeur de chimie à l'École de Médecine de Rennes, la répartition des sucres dans quatre lots de tubercules souterrains provenant de Topinambours jouant le rôle d'hypobiote chez des greffes et des surgreffes effectuées avec des espèces annuelles ou vivaces. Le premier lot était formé par une surgreffe de Topinambour avec Soleil annuel comme mésobiote; le second, d'une surgreffe de Topinambour avec un mésobiote *Helianthus orgyalis* portant pour hyperbiote l'*Helianthus multiflorus*. Ces deux premiers lots étaient composés de tubercules frais. Le troisième lot comprenait les tubercules d'un Topinambour surgreffé avec mésobiote Soleil annuel supportant un hyperbiote Topinambour; enfin le quatrième lot était formé par les tubercules d'un Topinambour sur lequel était greffé l'*Ambrosia trifida*.

([1]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1135; **178**, 1924, p. 716.

Les tubercules de ces deux derniers lots avaient été laissés se dessécher à l'air libre et sec pendant plusieurs jours. Ces quatre lots de tubercules, récoltés en janvier, ne contenaient pas d'inuline à ce moment, tandis qu'ils en possédaient une forte quantité au début de novembre précédent.

L'analyse donna les résultats suivants :

	Sucres réducteurs.	Saccharose.
Premier lot	56 %	4,1 %
Deuxième lot	58	3,3
Troisième lot	58	4,5
Quatrième lot	75	5,43

Dans les tubercules desséchés pendant quelques jours, l'augmentation du saccharose était notable. De là leur goût plus sucré.

L'étude anatomique des tiges et des tubercules aériens ou souterrains des descendants de *l'Helianthus Dangeardi* à la huitième et à la neuvième génération a été faite microchimiquement en collaboration avec M. Marcel Cormier. Des faits analogues aux précédents ont été observés relativement à la coexistence de l'inuline et de la chlorophylle dans les couches corticales des tubercules aériens violacés; il en a été de même pour la présence simultanée de l'inuline et de l'amidon dans les cas *exceptionnels* où l'endoderme de la tige est resté amylifère. Ce fait existe *quelquefois*, soit à la base de l'involucre dans le pédoncule florifère, soit dans la jeune pousse des tubercules souterrains, tantôt à sa base, tantôt à son sommet, quand l'organe passe de la vie ralentie à la vie active. Il s'agit bien d'amidon, ainsi qu'il a été facile de le contrôler par les moyens classiques.

Les modifications produites dans la morphologie et le contenu des canaux sécréteurs du Topinambour, par le greffage se retrouvent à des degrés divers chez les descendants de *l'Helianthus Dangeardi*, mais avec des variantes individuelles. Il s'agit évidemment là d'hérédité acquise. La quantité relative des déchets, très variable, est en rapport avec l'activité vitale et la prospérité de chaque individu.

Comme je ne disposais cette année que d'un terrain restreint, j'ai dû planter mes tubercules de Topinambour à des distances plus rapprochées qu'à l'ordinaire. Pour les empêcher d'empiéter les uns sur les autres, j'ai lié avec du raphia les tiges et les branches feuillées des pieds les plus vigoureux. Ceux qui m'ont fourni des tubercules aériens en ont donné un plus grand nombre dans les parties formant fouillis. Même certaines branches se sont transformées à leur sommet en une masse compacte, en forme de

casse-tête violet, formée par des tubercules aériens qui ont pris la place de l'inflorescence.

Enfin, un autre phénomène très curieux s'est produit, cette année, chez divers exemplaires d'*Helianthus tuberannuus crispus* cultivés en plein soleil au Jardin des Plantes de Rennes. Au cours des chaleurs de l'été 1937, qui fut tout particulièrement sec et chaud, des arrosages intermittents et abondants furent donnés à ces plantes qui poussèrent avec une vigueur remarquable; elles produisirent des monstruosités diverses et de curieux tubercules aériens terminés par des capitules fleuris ([2]). Les arrosages déterminèrent des à-coups de végétation accompagnés de brusques augmentations de turgescence avec production de brisures plus ou moins profondes de l'écorce. Par les fentes, la chaleur pénétra dans les canaux sécréteurs, provoqua le dédoublement de l'oléorésine, et mit la résine en liberté sous forme liquide. Celle-ci sortit au dehors, s'étala sur l'épiderme et les plaies sous forme d'une couche mince qui se solidifia en devenant un emplâtre isolant et cicatrisant à la fois. Ainsi un produit d'excrétion qui aurait dû ne jamais sortir des canaux sécréteurs où il s'était déposé, put exceptionnellement s'épancher au dehors à la façon de la résine des Pins lors des grandes chaleurs, ce qui ne s'est jamais vu jusqu'ici, à ma connaissance, chez le Topinambour.

M. **G. Urbain** fait hommage à l'Académie d'un fascicule des *Classiques de la découverte scientifique*, le *Traité élémentaire de Chimie* de Lavoisier. *Avant-propos* de M. Henry Le Chatelier.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Médecine vacante au Collège de France, pour la première ligne M. *René Leriche* obtient 43 suffrages contre 1 à M. *Georges Bourguignon*; il y a 2 bulletins blancs.

([2]) Lucien Daniel, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 588.

Pour la seconde ligne, M. *Georges Bourguignon* obtient 43 suffrages; il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.......... M. **René Leriche**.
En seconde ligne........... M. **Georges Bourguignon**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Métallographie et Traitement thermique du fer et de l'acier, par M. Albert Sauveur, professeur émérite à l'Université Harvard, traduit par MM. H. Aubert et P. Damiron, *Préface* de M. Albert Portevin (présenté par M. Léon Guillet).

M. **Henri Mineur** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'un des deux postes d'Astronome titulaire vacants à l'Observatoire de Paris.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Cellules d'univalence des polynomes.* Note de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

1. Les courbes d'égal module R du polynome

$$P(z) = A_0 z^n + A_1 z^{n-1} + \ldots + A_n = Re^{iV}$$

présentent les particularités suivantes :

1° Au voisinage d'un zéro a de $P(z)$, les courbes R ont, à des infiniment petits d'ordre supérieur près, l'aspect d'une famille de cercles concentriques ayant ce zéro comme centre.

2° Au voisinage du point à l'infini, la famille R présente, dans les mêmes conditions, l'aspect de circonférences concentriques dont le rayon grandit indéfiniment et dont le centre coïncide avec le centre de gravité des zéros.

3° Au voisinage d'un zéro a' d'ordre de multiplicité $(q-1)$ de $P'(z)$,

chaque courbe R se répartit en $2q$ branches distinctes situées dans les $2q$ angles formés par les demi-tangentes en a' aux q branches de la courbe d'égal module passant par ce point. Ces demi-tangentes forment une étoile régulière et le point a' est un col d'ordre q.

L'étude globale des courbes R montre que, si s désigne le nombre des zéros distincts de $P(z)$, R croissant à partir de o, il se forme autour des s zéros, s branches distinctes qui se raccordent ensuite aux points a' pour devenir, lorsque R est suffisamment grand, une branche fermée unique tendant vers l'infini avec R.

2. L'étude des courbes d'égal argument V du polynome $P(z)$ présente les particularités suivantes :

1° Au voisinage d'un zéro a d'ordre q de $P(z)$, il y a q branches de $V(0 \leq V \leq 2\pi)$ qui passent au point a. Les demi-tangentes à ces q branches forment une étoile régulière. Les q demi-tangentes à $V = 0$ forment q angles égaux à $2\pi/q$, qui sont balayés par la courbe V, lorsque V croît de o à 2π. Le point a est un nœud; et les courbes V forment autour de a, q pinceaux que nous appellerons des *pinceaux montants*.

2° Au voisinage du point à l'infini, il y a n pinceaux, que nous appellerons des *pinceaux descendants*. Le point à l'infini est un nœud. Quand V croît de o à 2π, les branches de V tournent autour du point à l'infini dans le sens négatif et autour de a, dans le sens positif.

3° Au voisinage d'un point a', la famille V se comporte comme la famille R; le point a', d'ordre de multiplicité $(q-1)$, est un col d'ordre q de la famille V. Dans le voisinage de a', on distingue $2q$ demi-branches formant une étoile régulière.

En suivant le point représentatif de R sur chacune de ces branches, on obtient *q branches d'accès et q branches d'éloignement;* chaque branche d'accès est encadrée par deux branches d'éloignement, et réciproquement. Le point de module R situé sur V, d'abord sur une branche d'accès, passe, lorsque R atteint la valeur $|P(a)|$, sur une branche d'éloignement.

J'introduis ainsi la notion de *cassure* en a'. Grâce à cette notion, on vérifie que la courbe V a toujours n branches distinctes sur chacune desquelles le point de module R part d'un zéro de $P(z)$ pour aller à l'infini.

Dans l'étude globale des courbes V, je démontre les résultats suivants :

Théorème. — *Il ne peut exister de courbe fermée formée d'arcs appartenant à une ou plusieurs courbes* V. *Tout arc de courbe* V *qui joint deux zéros de* $P(z)$ *passe par un zéro de* $P'(z)$.

On en déduit que les n branches de V tournent dans le sens positif autour

des zéros de $P(z)$; dans le sens négatif autour du point à l'infini, et balaient le plan tout entier.

3. Les courbes d'égal argument permettent de partager le plan en un nombre fini de cellules univalentes au sens de M. F. Marty [1] : les *cellules montantes* balayées par les pinceaux montants et les *cellules descendantes* balayées par les pinceaux descendants.

Pour effectuer le pavage du plan en cellules montantes, je construis d'abord les q cellules qui partent d'un zéro a d'ordre q, les deux branches d'éloignement de chaque branche d'accès qui se casse en un point a' rencontré, forment une *zone d'enclave*. On rencontre ainsi un nombre fini de zones d'enclave, et je démontre le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Dans chaque zone d'enclave, il existe au moins une cellule montante.*

Au bout d'un nombre fini d'opérations, le plan complexe est entièrement pavé. Quant aux cellules descendantes, les n cellules partant du point à l'infini recouvrent entièrement le plan complexe.

MÉCANIQUE. — *Détermination d'un réseau de valeurs de l'intensité g de la pesanteur centré sur une station donnée.* Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

On peut suivre aujourd'hui les variations de l'intensité g de la pesanteur au moyen d'un petit oscillateur rappelant celui imaginé en 1823 par l'horloger W. Hardy [1], et qui se composait d'un fil d'acier mince et court, fixé par son extrémité inférieure, le long duquel pouvait glisser une petite masse. Opérant par résonance, Kater fit servir cet oscillateur *noddy* à l'étude du degré de stabilité des supports de pendule; mais ce n'est que récemment, grâce aux perfectionnements qu'il a reçus de Lejay et Holweck, et à l'habileté de ces physiciens, que l'appareil de Hardy est devenu un précieux gravimètre [2].

---

(1) F. Marty, *Thèse,* Chap. II, p. 41; *Ann. de Toulouse,* 3e série, 23, 1931, p. 183-261; Paul Montel, *Leçons sur les fonctions univalentes ou multivalentes,* Chap. I, p. 10, Paris, 1933.

(1) *Annalen d. Phys. und. Chemie,* 1re série, 75, 1823, p. 389; Ph. Fürtwangler et A. Guillet, *Encycl. des Sc. math.*, IV, 9, p. 44, Paris.

(2) P. Lejay, *Journal de Ph.*, 7e série, 1, 1930, p. 1095; Holweck et P. Lejay, *Journal des Observateurs,* 17, nos 8-9, 1934, p. 109.

L'équation du mouvement du système sollicité par les moments dus à la flexion de la lame et au poids de la masse, à savoir

$$\mathcal{J}\frac{d^2\theta}{dt^2} + C(\theta - \theta_0) - mhg\sin(\theta - \theta_0) = 0,$$

s'adapterait plus parfaitement sans doute au cas où la lame serait remplacée par un fil convenablement tendu (ou par une étroite bande $\theta_0 = 0$) agissant par torsion : la constante $C = \pi/32\ \mu\ d^4/l$ semble en effet mieux définie que celle $E/4\ ab^3/l$ qui correspond à la flexion de la lame. On substituerait ainsi le module de rigidité μ au module d'Young E.

Mais peut-être pourrait-on suivre aussi les variations de l'intensité de la pesanteur par une méthode, dont je n'ai pu trouver mention, permettant de substituer au relevé des variations Δl de la longueur $l = g/\pi^2$ du pendule unité, celui d'une longueur beaucoup plus grande, visible et fixée sur le pendule, obtenue par effet différentiel ([3]). Il faut pour cela construire au préalable un pendule dont la masse soit composée de deux corps pouvant être écartés l'un de l'autre, en sens opposés, à partir de leur position initiale.

Soit donc un pendule simple de longueur x_0, dont la masse m est formée de deux parties m_1, m_2. Déplaçant respectivement ces masses de u_1, u_2, de manière que leur centre de gravité reste fixe, ce qui exige que la condition

$$(1) \qquad m_1 u_1 = m_2 u_2$$

soit constamment satisfaite, on obtient un nouveau pendule simple de longueur $x_0 + y$, d'où l'allongement

$$(2) \qquad y = \frac{m_1}{m}\frac{u_1^2}{x_0} + \frac{m_2}{m}\frac{u_2^2}{x_0}.$$

Les pendules x_0 et $x_0 + y$ sont les pendules unités pour les stations où la pesanteur a respectivement pour intensités g_0, g_1. On a

$$\frac{g_0}{\pi^2} = x_0, \qquad \frac{g_1}{\pi^2} = x_0 + y,$$

d'où

$$m x_0^2 \frac{g_1 - g_0}{g_0} = m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2.$$

Des équations (1) et (2) on tire

$$u_1 + u_2 = \sqrt{x_0 y}\left(\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} + \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}\right) = x_0\sqrt{\frac{g_1 - g_0}{g_0}}\left(\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} + \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}\right).$$

([3]) A. Guillet, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1310.

Posant $\xi = \sqrt{m_1/m_2}$, il vient

$$U = u_1 + u_2 = x_0 \sqrt{\frac{g_1 - g_0}{g_0}} \left(\xi + \frac{1}{\xi}\right).$$

On imposera à la parenthèse la valeur n, en prenant pour ξ une racine de l'équation

$$\xi^2 - n\xi + 1 = 0.$$

Pour $m_1 = m_2 = m/2$ point le plus bas et sommet de l'hyperbole $n = \xi + 1/\xi$, minimum de la parenthèse, on a

$$U = 2x_0 \sqrt{\frac{g_1 - g_0}{g_0}},$$

soit, pour une variation de g égale à $(1/j)^{\text{ième}}$ de g_0,

$$U = 2x_0 \frac{1}{\sqrt{j}}.$$

Pour Paris et un déplacement correspondant à $1/100\,000^e$ de g_0, l'écart minimum U serait donc de l'ordre de 6^{mm}.

1° Calculons Δl et U pour un pendule comportant un tube d'aluminium de rayons respectifs $R' = 2^{mm}$, $R = 1^{mm}$, de longueur $H = 108^{cm}$, $\rho = 2,6$;

2° Deux cylindres de laiton identiques entre eux, enfilés sur le tube par leur milieu et orientés parallèlement à l'axe de suspension, ayant pour rayon $r = 1^{cm},5$, pour longueur $h = 6^{cm}$ et faits d'une matière de densité 8. Les cylindres, d'abord tangents à la distance $d'_0 = 100^{cm}$ de la suspension, sont déplacés ensuite en sens opposés de $u = 1^{cm}$. On trouve $\Delta l = 0{,}038c$.

Ainsi en écartant les deux cylindres choisis, comme il a été dit, de 1^{cm}, le pendule simple synchrone se trouve allongé d'environ $4/10^e$ de millimètre seulement, alors qu'en suivant les variations de l sur $2u$ on réalise ici une amplification dépassant 50.

Il semble donc possible aujourd'hui de comparer simultanément les valeurs de g en n stations convenablement distribuées à la surface de la Terre, en réglant les écarts U à partir de la station origine pour que tous ces pendules battent la seconde, tm.

MÉCANIQUE DES FLUIDES EXPÉRIMENTALE. — *Étude expérimentale de mouvements à deux dimensions, au moyen du tunnel hydrodynamique Toussaint-Carafoli; influence de la viscosité.* Note (¹) de M. **Alexandre Favre**, présentée par M. Henri Villat.

Après avoir déterminé (²) l'approximation avec laquelle nous obtenons des spectres expérimentaux de mouvements bidimensionnels stationnaires, ainsi que les conditions optima pour les expériences, nous nous sommes proposé d'étudier les mouvements à deux dimensions au moyen de ces spectres. Nous avons cherché à déterminer, particulièrement dans le cas d'une aile d'avion, les caractéristiques du mouvement et à en déduire l'ordre de grandeur des principaux éléments utilisés dans l'établissement des équations de l'hydrodynamique, ainsi que l'ordre de grandeur des termes relatifs à la viscosité par rapport aux termes d'inertie dans les équations de Navier-Stokes.

L'observation des spectres donne directement (³), grâce au réseau de lignes isochrones et de lignes de courant : les déformations (⁴) et les termes dépendant de la vitesse et de ses dérivées premières, permettant ainsi de vérifier et éventuellement d'étendre les résultats de mesures.

Les mesures effectuées nous ont permis de déterminer la répartition : des vitesses, des dérivées premières des vitesses, donc des vitesses de déformation de dilatations et de glissement, des efforts de viscosité, du tourbillon, de la fonction de dissipation de l'énergie et des accélérations,

---

(¹) Séance du 29 novembre 1937.

(²) Voir *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 714 et 956.

(³) Les dérivées premières de la vitesse et les termes qui en dépendent sont lisibles sur les spectres d'après les vitesses de dilatation et de rotation d'éléments linéaires parallèles aux axes de coordonnées.

(⁴) La théorie cinématique montre que, dans le mouvement élémentaire, un petit contour circulaire acquiert la forme d'une ellipse; nous avons déterminé l'évolution de contours circulaires de différents diamètres et constaté qu'ils prennent la forme elliptique même pour des intervalles de temps et des diamètres initiaux correspondant à des grandeurs *finies* très visibles sur le spectre; à savoir pour des diamètres d et des déplacements s d'autant plus grands que la distance au bord d'attaque est plus grande et de l'ordre de $d/L \sim 1/10$ et $s/L \sim 5/10$ à $L/4$ au-dessus et au-dessous de l'aile, $d/L \sim 1/50$ et $s/L \sim 1/10$ à $L/10$ du bord d'attaque; enfin, on voit des contours à l'origine quasi circulaires dessinés par les lignes d'émission périodiques ($d/L \sim 5/1000$) qui affectent au voisinage de l'aile des formes elliptiques.

ainsi que des dérivées secondes des vitesses, donc des termes relatifs à la viscosité dans les équations des fluides réels. Nous avons ainsi étudié le spectre d'une aile Joukowski 430 à l'incidence de sustentation nulle, pour la partie antérieure jusqu'au droit du bord d'attaque, à un nombre de Reynolds $R \sim 250000$. Cette étude comporte un grand nombre de mesures; les surfaces obtenues qui déterminent la répartition des termes précités présentent, même pour les dérivées premières et secondes, une régularité très satisfaisante. La précision obtenue pour la mesure des longueurs d'onde est de l'ordre de 1/100ᵉ, mais ces longueurs d'onde subissent des variations instantanées de l'ordre de 3 pour 100; le tracé des surfaces effectué d'après l'ensemble des mesures permet d'obtenir le champ stationnaire des vitesses en éliminant pratiquement ces fluctuations. Pour vérifier les mesures des dérivées de la vitesse, nous avons utilisé l'observation directe du spectre et l'équation de continuité; la comparaison des surfaces $\partial u/\partial x$ avec $-\partial v/\partial y$ d'une part, et $\partial^2 u/\partial x \partial y$ avec $-\partial^2 v/\partial^2 y$ d'autre part, révèle une coïncidence satisfaisante et montre que l'approximation obtenue est bonne en ce qui concerne les dérivées premières ([5]), et permet d'évaluer l'ordre de grandeur des dérivées secondes et des termes qui en dépendent.

La détermination du rotationnel décèle des répartitions tourbillonnaires faibles au voisinage du bord d'attaque (jusqu'à une distance de $\sim L/100$) et montre que le mouvement dans la zone explorée est par ailleurs pratiquement irrotationnel ([6]).

Les valeurs de la fonction de dissipation de l'énergie sont notables au voisinage immédiat du bord d'attaque et négligeables par ailleurs ([6]), elles correspondent pour la zone explorée à une perte d'énergie de l'ordre du 1/100ᵉ de celle qui est due au $C_x$min. de l'aile.

Le mesure des dérivées secondes de la vitesse détermine l'ordre de grandeur des termes relatifs à la viscosité par rapport aux termes d'inertie dans les équations de Navier; dans le cas de nos expériences ces rapports apparaissent négligeables devant l'unité pour l'écoulement considéré ([6]), ils sont de l'ordre de 1/10000ᵉ à 1/1000ᵉ en général et n'atteignent l'ordre de grandeur de 1/100ᵉ qu'au voisinage du bord d'attaque.

([5]) Seule la comparaison des surfaces rend un compte exact de la précision obtenue; l'erreur relative, très variable en fonction de la distance l à l'aile, peut néanmoins être évaluée entre 1/20 et 1/2 lorsque $l < L/20$ (corde de l'aile $L = 450^{mm}$).

([6]) En dehors de la couche limite et du sillage.

L'observation de l'ensemble des spectres de l'aile à incidence nulle et à incidence sustentatrice ne décèle pas pour les éléments considérés (notamment pour le tourbillon) des ordres de grandeurs très différents de ceux qui correspondent à la zone explorée quantitativement, il paraît donc admissible d'étendre à ces spectres les résultats obtenus.

A la précision des mesures et des expériences près, qui permet d'obtenir les ordres de grandeur avec une approximation qui paraît suffisante, et dans les conditions de nos expériences ($R \sim 250000$), il apparaît donc légitime de *négliger la viscosité* et d'appliquer les équations des fluides parfaits, en dehors de la couche limite et du sillage, dans le cas de l'écoulement stationnaire bidimensionnel considéré; en effet, le tourbillon, l'énergie dissipée par le travail des forces de viscosité, et les termes relatifs à la viscosité dans les équations des fluides réels, sont faibles au voisinage immédiat de la partie antérieure de l'obstacle et très faibles par ailleurs dans tout l'écoulement ([7]).

HYDRODYNAMIQUE. — *Un théorème sur le mouvement des fluides dépourvus d'accélération*. Note de M. **Émile Merlin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Considérons un fluide parfait qui se meut de façon que chacune de ses particules conserve sa densité au cours du mouvement et soit animée d'une vitesse constante en grandeur, direction et sens. La distribution de la densité initiale pourra être arbitraire, tandis que la force, dont le seul effet sera d'assurer la pression, devra être choisie convenablement. Ce choix sera d'ailleurs toujours possible. La seule condition d'existence d'un parcil mouvement sera de satisfaire à l'équation de continuité. Ecartant les cas banaux, où l'indicatrice des vitesses des diverses particules est un point ou une ligne, l'équation de continuité nous imposera d'admettre que cette indicatrice est une surface I et que, à chaque instant, les lieux des particules qui sont animées d'une même vitesse, lieux qui se meuvent donc comme s'ils étaient rigides, forment une congruence G.

([7]) Les résultats que nous avons obtenus avec l'aile à paroi d'extrados mobile (*Comptes rendus*, 202, 1936, p. 634), qui élimine l'influence de la viscosité dans la couche limite et le sillage, et les supprime, sont bien accord avec les résultats théoriques relatifs à l'écoulement d'un fluide parfait.

Satisfaire à la condition nécessaire et suffisante d'un mouvement de l'espèce considérée revient à déterminer une surface I et une congruence G de lignes planes l, telles que l'on puisse établir entre les points de I et les lignes l de G, une correspondance jouissant des propriétés suivantes : 1° la ligne l se trouve dans un plan parallèle au plan tangent à I au point M qui correspond à l; 2° ayant tracé sur I deux familles simplement infinies de lignes $\lambda = C_1$, $\mu = C_2$, auxquelles correspondent deux familles de surfaces de la congruence G, et considérant les demi-normales aux surfaces $\lambda = C_1$, $\mu = C_2$, dans le sens des C_1 et C_2 croissant, à des éléments infinitésimaux égaux de ces demi-normales correspondent des arcs infinitésimaux sur I, qui se projettent sur les demi-normales qui les définissent, suivant des éléments égaux et de signes opposés.

Traçons sur I un système de coordonnées orthogonales, les lignes de l'une des familles ayant pour paramètre λ, celles de l'autre pour paramètre μ. Attachons au point M de I, un trièdre rectangulaire mobile, dont l'axe Mx soit la demi-tangente positive à la ligne coordonnée qui passe par M, le long de laquelle λ varie seul en croissant, et dont l'axe My soit la demi-tangente positive à la ligne coordonnée qui passe par M, le long de laquelle μ varie seul en croissant. Les translations et rotations du trièdre seront A, o, o, p_1, q_1, r_1; o, C, o, p_2, q_2, r_2. Rapportée à ce trièdre, la ligne l aura pour équations, ν étant un nouveau paramètre variable,

$$x = \psi_1(\lambda, \mu, \nu), \qquad y = \psi_2(\lambda, \mu, \nu), \qquad z = \psi(\lambda, \mu).$$

La condition du mouvement revient à satisfaire à l'unique équation

$$\mathrm{A}p_2\psi_2^2 + (\mathrm{C}p_1 - \mathrm{A}q_2)\psi_2\psi_1 - \mathrm{C}q_1\psi_1^2 + 2\mathrm{A}\frac{\partial\psi}{\partial\mu}\psi_2 + 2\mathrm{C}\frac{\partial\psi}{\partial\lambda}\psi_1 = \Omega,$$

Ω étant une fonction de λ et de μ.

Dans le cas où l'indicatrice est une surface non développable, on obtiendra un fluide dépourvu d'accélération de la manière suivante. On considérera deux surfaces I et Σ entre lesquelles on établira une correspondance par plans tangents parallèles. A tout point M de I correspondra ainsi un point M′ de Σ. Dans le plan tangent à Σ en M′, on tracera une conique C quelconque admettant pour asymptotes les parallèles menées par M′ aux directions asymptotiques de I en M. Les coniques C, qui formeront la congruence G, seront les lignes rigides du fluide. Les particules qui se trouvent sur la conique C, définie dans le plan tangent à Σ en M′, devront être animées d'une vitesse égale au segment ayant pour origine un point fixe O,

le même pour toutes les coniques, et pour extrémité le point M de I qui correspond à M'.

Supposons que partout C se réduise à ses asymptotes, l'indicatrice I étant à courbures opposées; les fils rigides seront des droites, et nous aurons deux solutions distinctes, suivant que nous considérons les droites parallèles aux tangentes asymptotiques de la première ou de la seconde famille.

Désirons-nous que les fils rigides soient partout des circonférences, I devra être une sphère. Si nous voulons que les fils rigides soient des hyperboles équilatères, I devra être une surface minima. Si les axes des coniques rigides sont fonctions l'un de l'autre, I devra être une surface de Weingarten.

Dans l'hypothèse où I est une surface développable, on lui adjoindra toujours une surface Σ quelconque. A tout point M de I, on fait correspondre le point M' de Σ situé sur la normale en M à I. Considérons une génératrice rectiligne g de I. Par g menons le plan ϖ perpendiculaire à I. Appelons g' la caractéristique de ϖ quand g varie; g' coupe MM' en N. Appelons Δ la caractéristique du plan π mené par M' perpendiculairement à MM' et t' la tangente en M' à la courbe d'intersection de Σ et de ϖ. Par le milieu N' du segment MN, menons un plan perpendiculaire à t'. Il coupera le plan tangent à I le long de g, suivant une droite d'. Cela étant, dans π considérons la parabole tangente au plan normal à g en M, ayant pour axe Δ et pour directrice la droite d qui se projette en d', ainsi que celles qui s'en déduisent par une translation parallèle à Δ. A chaque point de I, nous ferons correspondre une de ces paraboles. Ce seront les fils rigides.

Une autre solution s'obtient en faisant correspondre à g un plan σ parallèle au plan tangent à I le long de g. Les droites menées dans σ parallèlement à g sont les fils rigides.

Si I est un plan, on trace le plan tangent à la surface quelconque Σ en M' et son intersection δ avec le plan τ mené par M' parallèlement à I. Les fils rigides sont les droites de τ parallèles à δ, une par plan τ.

Il n'y a pas d'autres solutions que les précédentes.

AVIATION. — *Sur le décollage dans le vol à voile.* Note [1] de MM. **G. A. Mokrzycki** et **J. Wysocki**, présentée par M. Léon Lecornu.

Un planeur décolle suivant la ligne OY; soient φ la pente du terrain, α l'angle entre le sandow et l'axe OY, soient l_0 la longueur du sandow

[1] Séance du 29 novembre 1937.

non tendu et α_0 la valeur correspondante de α. Les équipages B et B′ qui lancent le planeur tendent le sandow jusqu'à la longueur extrême $2l_1$. Les points B et B′ ont pour coordonnées H et h, et le point A : H_0, o. Pour une longueur variable $2l$ du sandow, l'angle entre celui-ci et OY est α. Nous admettons que pendant ce décollage l'angle d'attaque i_d demeure constant; les valeurs des coefficients aérodynamiques correspondantes sont alors c_{xd} et c_{zd}. Soient enfin Q le poids du planeur, S sa surface portante, f le coefficient du frottement au sol et q la résistance due à la vitesse, on a

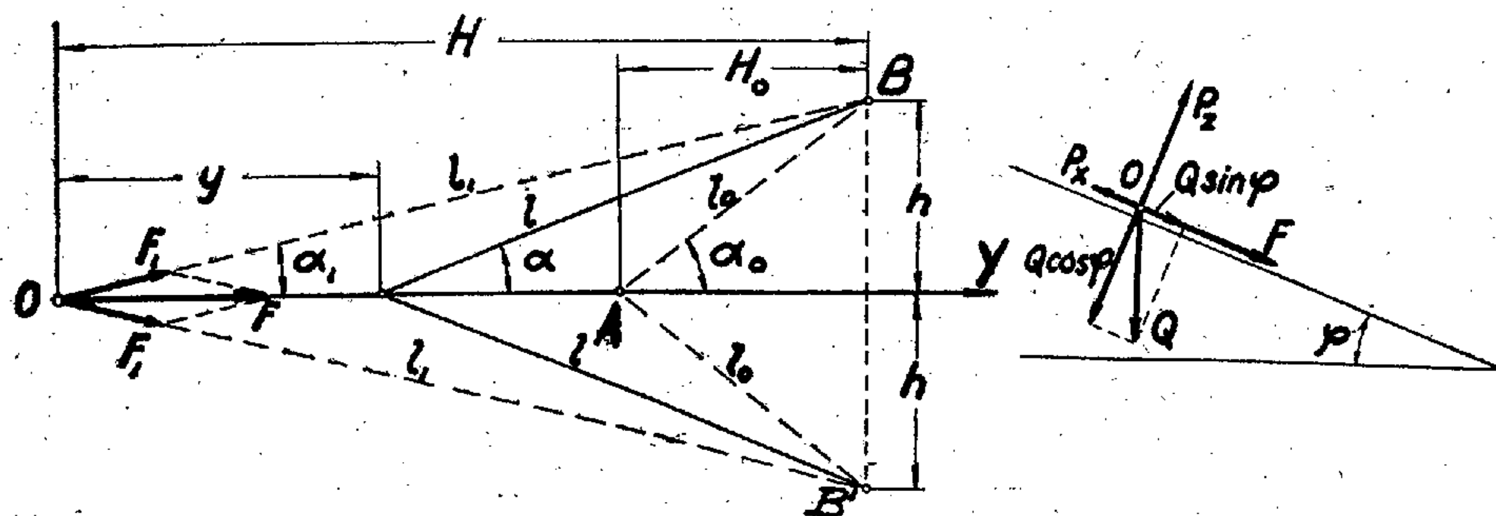
(1) $$q = \frac{\rho v^2}{2}.$$

Nous cherchons la longueur du décollage y_d. L'équation du mouvement peut s'écrire

(2) $$\frac{d^2 y}{dt^2} + c_{xd} S q + f(Q \cos\varphi - c_{zd} S q) - Q \sin\varphi - F = 0.$$

Pour simplifier le calcul nous admettons approximativement pour le sandow la loi de Hooke. Désignons par s la section du sandow et par

(3) $$\mathcal{E} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\sin\alpha_0}{\sin\alpha} - l.$$



En posant $a_1 = Es$, nous pouvons écrire que pour la longueur l_1 du sandow tendu la tension est

(4) $$F_1 = Es\mathcal{E} = a_1\mathcal{E}.$$

D'après (3) et (4) la projection des tensions sur OY est

(5) $$F = 2F_1 \cos\alpha = 2a_1\left(\frac{\sin\alpha_0}{\sin\alpha} - l\right)\cos\alpha,$$

et comme

(6) $$\sin\alpha_0 = \frac{h}{l_0}; \quad \sin\alpha = \frac{h}{\sqrt{(H-y)^2 + h^2}}; \quad \cos\alpha = \frac{H-y}{\sqrt{(H-y)^2 + h^2}}.$$

(5) peut s'écrire

$$(5a)\qquad F = 2a_1\left[\frac{H-y}{l_0} - \frac{H-y}{\sqrt{(H-y)^2+h^2}}\right].$$

Posons

$$(7)\qquad A = \frac{g\rho S}{Q}(fc_{zd} - c_{xd}).$$

Comme selon (1)

$$dv = \frac{dq}{\rho v} = \frac{dq}{\rho}\frac{dt}{dy}, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{dq}{\rho\, dy},$$

(2) et (7) donnent

$$(8)\qquad \frac{dq}{dy} - Aq = \frac{g\rho}{Q}\left[\left(\frac{2a_1 H}{l_0} + Q\sin\varphi - fQ\cos\varphi\right) - \frac{2a_1}{l_0}y - \frac{2a_1(H-y)}{\sqrt{(H-y)^2+h^2}}\right].$$

Posons

$$(9)\qquad M = \frac{\rho g}{AQ}\left[\frac{2a_1}{Al_0} - \left(\frac{2a_1 H}{l_0} + Q\sin\varphi - fQ\cos\varphi\right)\right],$$

$$(10)\qquad N = \frac{2a_1 g\rho}{AQl_0}.$$

Le calcul montre qu'en pratique les valeurs de $k = \cos\alpha$ oscillent entre $\cos\alpha_1 = 0{,}985$ et $\cos\alpha_0 = 0{,}948$. L'erreur ne dépasse pas 3 pour 100 si nous admettons une valeur constante moyenne

$$(11)\qquad k = \cos\alpha = \frac{H-y}{\sqrt{(H-y)^2+h^2}} = 0{,}966.$$

On peut même prendre, sans augmenter considérablement l'erreur, $k=1$, c'est-à-dire que les sandows sont sensiblement dirigés suivant OY. Avec (9), (10) et (11) nous trouvons pour la solution générale de l'équation différentielle (8)

$$(12)\qquad q = Ny - (M + Nk1_0)(e^{Ay} - 1).$$

Au moment où le planeur quitte la terre nous avons

$$(13)\qquad Q\cos\varphi = c_{zd}\, S q_d,$$

ce qui permet de calculer q_d, pression correspondant à la vitesse de décollage v_d. On peut alors résoudre (12) graphiquement, et trouver la longueur du décollage y_d. Ou bien nous pouvons développer e^{Ay} et prendre les deux premiers termes :

$$(12a)\qquad q_d = Ny_d - A(M + Nkl_0)y_d - \frac{A^2(M + Nkl_0)}{2}y_d^2,$$

c'est ce qui permet de trouver $y_d < (H - H_0)$.

Le travail de décollage est

$$L = \int_0^{y_d} F\,dy,$$

à l'aide de (5a), il vient

$$(14)\qquad L = \frac{2a_1}{l_0}\left(H - \frac{y_d}{2}\right)y_d - 2a_1\left[\sqrt{H^2 + h^2} - \sqrt{(H - y_d)^2 + h^2}\right].$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une théorie synthétique de la gravitation et de l'électromagnétisme.* Note de M. **Jean Hély**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons exposé [1] une théorie synthétique de la gravitation et de l'électromagnétisme complétée par une théorie gravifique de la lumière. Dans ces deux théories figure une certaine expression

$$1 - 2\Phi = 1 - 2\varphi - 6\varphi^2,$$

qui n'a pas été sans susciter quelques observations, car cette quantité :

1° correspond en quelque sorte à l'existence d'un *second terme* de la gravitation;

2° entraîne bien pour le périhélie de Mercure une progression de 43″ par siècle, mais correspond par contre à une valeur du coefficient de la déviation de la lumière des étoiles par la masse du Soleil de 5,28 unités au lieu de 4.

Il nous est apparu que, pour lever toutes ces difficultés, il suffisait de poser

$$1 - 2\Phi = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{6} + 2\varphi\sqrt{3}\right)}{\cos\frac{\pi}{6}}.$$

Cette nouvelle expression, en effet :

1° est une fonction courante d'un simple binome et ne contient pas φ^2 en argument;

2° pour φ très petit, elle devient égale à $1 - 2\varphi - 6\varphi^2$;

3° pour $\varphi = \pi/(6\sqrt{3}) + \varphi'$, avec φ' très petit (cas du photon tel que nous le concevons), elle devient de même égale à $-4\varphi'$ (ce qui correspond à la valeur 4 du coefficient de la déviation de la lumière par le Soleil).

---

(1) *Journal de l'École Polytechnique*, 3e série, 3, 1937, p. 271.

En outre, on peut démontrer qu'un autre système de valeurs de la rotation de l'orbite de Mercure et de la déviation de la lumière ne permettrait pas en général d'arriver à une représentation aussi simple que celle qui précède.

Le dénominateur $\cos(\pi/6)$ enfin peut être négligé pour l'étude exclusive de la gravitation, le numérateur

$$\cos\left(\frac{\pi}{6}+2\varphi\sqrt{3}\right)=\sin\left(\frac{\pi}{3}-2\varphi\sqrt{3}\right)=\sin\left(\frac{2\pi}{3}+2\varphi\sqrt{3}\right)$$

important seul dans ce cas.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un système de nombres hypercomplexes dérivé du système des quaternions.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si nous considérons dans un espace euclidien à n dimensions, deux systèmes de nombres hypercomplexes, totalement indépendants, ayant chacun 2^n unités dont $n+1$ sont fondamentales, soient

$$(1)\quad \gamma_0=1,\gamma_1,\gamma_2,\ldots,\gamma_n;\qquad \bar\gamma_0=1,\bar\gamma_1,\bar\gamma_2,\ldots,\bar\gamma_n\qquad(\gamma_i\bar\gamma_j=\bar\gamma_j\gamma_i,\ i,j=0,1,\ldots,n)$$

les unités dérivées s'exprimant sous la forme $\gamma_{ij\ldots k}=\gamma_a=\gamma_i\gamma_j\ldots\gamma_k$, $\bar\gamma_{ijk}=\bar\gamma_a=\bar\gamma_i\bar\gamma_j-\bar\gamma_k$, nous pouvons construire à partir de ces nombres un système de nombres symétriques A_a^p et un système de nombres antisymétriques B_a^p définis de la façon suivante :

$$(2)\qquad A_a^p=\frac{1}{2}[\gamma_a\bar\gamma_p+\gamma_p\bar\gamma_a],\qquad B_a^p=\frac{1}{2}[\gamma_a\bar\gamma_p-\gamma_p\bar\gamma_a],$$

γ_a, γ_p, $\bar\gamma_a$, $\bar\gamma_p$ étant des unités (fondamentales ou dérivées) des systèmes (1). Nous désignerons par G_a, le nombre symétrique $G_a=A_a^a=\gamma_a\bar\gamma_a$.

Dans ces conditions, on démontre que, quelle que soit l'algèbre des systèmes (1), les nombres A et B satisfont aux règles de composition

$$(3)\qquad \begin{cases} A_a^pA_b^q=\frac{1}{2}[A_{ab}^{pq}+A_{aq}^{pb}], & B_a^pB_b^q=\frac{1}{2}[A_{ab}^{pq}-A_{aq}^{pb}],\\ A_a^pB_b^q=\frac{1}{2}[B_{ab}^{pq}-B_{aq}^{pb}], & B_a^pA_b^q=\frac{1}{2}[B_{ab}^{pq}+B_{aq}^{pb}],\end{cases}$$

et, en particulier,

$$G_aA_b^p=A_{ab}^{ap},\qquad G_aB_b^p=B_{ab}^{ap}.$$

Si nous précisons la nature des systèmes (1), les relations liant les γ

ou les $\overline{\gamma}$ entre eux nous permettront à l'aide des formules (3) d'étudier les systèmes A et B.

Nous prendrons en particulier pour systèmes γ et $\overline{\gamma}$, deux systèmes indépendants semblables, dérivés de celui des quaternions et dont les unités principales γ_1, γ_2, γ_3 du premier sont liées par les relations

$$\gamma_1\gamma_2 = -\gamma_2\gamma_1 = \mathbf{i}\gamma_3, \quad \gamma_2\gamma_3 = -\gamma_3\gamma_2 = \mathbf{i}\gamma_1, \quad \gamma_3\gamma_1 = -\gamma_1\gamma_3 = \mathbf{i}\gamma_2, \quad (\gamma_i)^2 = 1,$$

les unités $\overline{\gamma}_1$, $\overline{\gamma}_2$, $\overline{\gamma}_3$ du second système satisfaisant aux mêmes relations.

En raison de ces relations, il n'existe pour les nombres du système (2) que les formes

$$E_i^0 = E_i = \frac{1}{2}[\gamma_i\overline{\gamma}_0 + \gamma_0\overline{\gamma}_i], \quad E_i^j = E_j^i = \frac{1}{2}[\gamma_i\overline{\gamma}_j + \gamma_j\overline{\gamma}_i],$$

$$F_i^0 = -F_0^i = F_i = \frac{1}{2}[\gamma_i\overline{\gamma}_0 - \gamma_0\overline{\gamma}_i], \quad F_i^j = -F_j^i = \frac{1}{2}[\gamma_i\overline{\gamma}_j - \gamma_j\overline{\gamma}_i],$$

ce qui nous donne un système hypercomplexe à seize unités que nous pouvons écrire

$$\begin{matrix} E_1, & E_2, & E_3, & E'_1 = E_2^3, & E'_2 = E_3^1, & E'_3 = E_1^2, \\ F_1, & F_2, & F_3, & F'_1 = F_2^3, & F'_2 = F_3^1, & F'_3 = F_1^2; \end{matrix} \quad 1, \; G_1, \; G_2, \; G_3.$$

Ces grandeurs E, F, G, en raison des conditions (4), ne sont pas indépendantes.

Nous allons montrer, en utilisant les règles de composition (3), que ces nombres sont liés par un système de relations remarquables.

Posant $ij = \mathbf{i}k$, nous voyons facilement que

$$G_i^2 = 1, \quad G_iG_j = G_jG_i = -G_k,$$

et que les G sont liés aux E et F par

$$\begin{aligned} G_iE_i &= E_iG_i = E_i; & G_iE_j &= -E_jG_i = \mathbf{i}E_k^i = \mathbf{i}E'_j; \\ G_iE'_i &= E'_iG_i = E'_i; & G_iE'_j &= -E'_jG_i = \mathbf{i}E_j; \\ G_iF_i &= F_iG_i = -F_i; & G_iF_j &= -F_jG_i = \mathbf{i}F'_j; \\ G_iF'_i &= F'_iG_i = -F'_i; & G_iF'_j &= -F'_jG_i = \mathbf{i}F_j. \end{aligned}$$

Étudiant maintenant les systèmes E et F, nous avons

$$(E_i)^2 = (E'_i)^2 = \frac{1}{2}(1 + G_i); \quad (F_i)^2 = (F'_i)^2 = \frac{1}{2}(1 - G_i),$$

ce qui nous donne

$$(E_i)^2 + (F_i)^2 = (E'_i)^2 + (F'_i)^2 = 1; \quad (E_i)^2 - (F_i)^2 = (E'_i)^2 - (F'_i)^2 = G_i.$$

$$E_iF_i = F_iE_i = E'_iF'_i = F'_iE'_i = E_iF'_i = E'_iF_i = F_iE'_i = F'_iE_i = 0.$$

$$(E_i)^3 = E_i, \quad (E'_i)^3 = E'_i, \quad (F_i)^3 = F_i, \quad (F_i)^3 = F'_i,$$

et par addition après multiplication par E_j

$$(E_i)^2E_j+E_j(E_i)^2=E_j+\frac{1}{2}(G_iE_j+E_jG_i)=E_j.$$

Plus généralement, M_i, M_j étant pris arbitrairement parmi les nombres E_i, E'_i, F_i, F'_i,

$$(M_i)^2M_j+M_j(M_i)^2=M_j,$$

et de même par soustraction

$$(E_i)^2E_j-E_j(E_i)^2=\ \ iE'_j,\qquad (E'_i)^2E'_j-E'_j(E'_i)^2=\ \ iE_j,$$
$$(F_i)^2F_j-F_j(F_i)^2=-iF'_j,\qquad (F'_i)^2F'_j-F'_j(F'_i)^2=-iF_j.$$

Entre produits de trois nombres, nous obtenons également les relations

$$E_iE_jE_k+E_kE_jE_i=0,\qquad E'_iE'_jE'_k+E'_kE'_jE'_i=0,\qquad F_iF_jF_k=F'_iF'_jF'_k=0.$$

Ces nombres nous permettent de définir des formes linéaires intéressantes, en particulier

$$R=E_1t_1+E_2t_2+E_3t_3,\qquad T=F_1t_1+F_2t_2+F_3t_3,\qquad U=F'_1t_1+F'_2t_2+F'_3t_3.$$

On voit facilement, en utilisant les relations précédentes, que ces formes sont liées par les relations

$$R^2+T^2=R^2+U^2=t_1^2+t_2^2+t_3^2,\qquad RT=TR=RU=UR=0$$

(on a également $U^2=T^2$, mais $UT\neq 0$).

Posant $R=t_4$, $T=U=0$, les opérateurs R et T, R et U nous permettent, si nous considérons les t_i comme des opérateurs différentiels $\partial/\partial x_i$ de réaliser deux décompositions des termes d'espace du dalembertien en opérateurs que nous pouvons appeler orthogonaux.

Ces considérations rencontrent une application dans l'étude des représentations de l'électromagnétisme dans le vide.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Passage des grandeurs vectorielles aux spineurs correspondants par la notion de* sous-espaces. *Interprétation des équations de M. Dirac.* Note de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons le nombre fondamental

$$N\equiv 1S+\Gamma_1(IX+JY+KZ)+\Gamma_2\Gamma+\Gamma U$$

où nous distinguons *direction* et *dimensions*; par multiplication pour un nombre de même espèce nous obtenons toutes les grandeurs de l'espace de de Sitter ($S = iR$ et $T = ct$); ce nombre peut être formé à l'aide des unités quaternioniennes I, J, K, $i\Gamma_1$, $i\Gamma_2$, $-\Gamma$ telles que $I^2 = \ldots = (-\Gamma^2) = -1$ et $IJ = K, \ldots, (i\Gamma_1)(i\Gamma_2) = -\Gamma, \ldots$.

Ces unités correspondent à des vecteurs *axiaux*, les produits $\Gamma_1 I, \ldots$ à des vecteurs *polaires*.

Faisons correspondre à ces vecteurs axiaux une aire dans les sous-espaces d'unités $E_1 E_2$ et $e_1 e_2$ respectivement. Posons

$$1 = E_{11} + e_{22}, \quad \Gamma_1 = E_{12} + E_{21}, \quad \Gamma_2 = i(E_{21} - E_{12}), \quad \Gamma = i(E_{22} - E_{11}),$$
$$1 = e_{11} + e_{22}, \quad I = i(e_{12} + e_{21}), \quad J = (e_{21} - e_{12}), \quad K = i(e_{11} - e_{22}),$$
$$e_{iJ} e_{rs} = e_{iS} \delta_{Jr} \quad \text{et} \quad E_{mn} E_{pq} = E_{mq} \delta_{np}.$$

Posons en outre ${\rceil}^{mn}_{iJ} \equiv E_{mn} I_{iJ}$, ce qui donne

$$1 \simeq {\rceil}^{11}_{11} + {\rceil}^{22}_{11} + {\rceil}^{11}_{22} + {\rceil}^{22}_{22}, \qquad \Gamma_1 I \simeq i[{\rceil}^{12}_{12} + {\rceil}^{21}_{12} + {\rceil}^{12}_{21} + {\rceil}^{21}_{21}],$$
$$\Gamma_1 J \simeq {\rceil}^{12}_{21} + {\rceil}^{21}_{21} - {\rceil}^{12}_{12} - {\rceil}^{21}_{12}, \qquad \Gamma_1 K \simeq i[{\rceil}^{21}_{11} - {\rceil}^{12}_{11} + {\rceil}^{21}_{22} - {\rceil}^{12}_{22}],$$
$$\Gamma_2 \simeq i[{\rceil}^{21}_{11} - {\rceil}^{12}_{11} + {\rceil}^{21}_{22} - {\rceil}^{12}_{22}], \qquad \Gamma \simeq i[{\rceil}^{22}_{11} - {\rceil}^{11}_{11} + {\rceil}^{22}_{22} - {\rceil}^{11}_{22}].$$

L'hamiltonien, dans l'espace de de Sitter, est (¹)

$$1\mu_0 c + \Gamma_1(IP_1 + JP_2 + KP_3) + \Gamma_2 P_4 + \Gamma P_5.$$

En multipliant à droite par

$$\varphi \equiv {\rceil}^{11}_{11}\varphi_1 + {\rceil}^{11}_{21}\varphi_2 + {\rceil}^{21}_{11}\varphi_3 + {\rceil}^{21}_{21}\varphi_4,$$

on obtient les équations de M. Dirac généralisées :

$$[\mu_0 c - iP_5]\varphi_1 + [iP_1 - P_2]\varphi_4 + [\ \ iP_3 - iP_4]\varphi_3 = 0,$$
$$[\mu_0 c - iP_5]\varphi_2 + [iP_1 + P_2]\varphi_3 + [-iP_3 - iP_4]\varphi_4 = 0,$$
$$[\mu_0 c + iP_5]\varphi_3 + [iP_1 - P_2]\varphi_2 + [\ \ iP_3 + iP_4]\varphi_1 = 0,$$
$$[\mu_0 c + iP_5]\varphi_4 + [iP_1 + P_2]\varphi_1 + [-iP_3 + iP_4]\varphi_2 = 0,$$

et, en multipliant par

$$\varphi^* \equiv {\rceil}^{11}_{11}\varphi_1^* + {\rceil}^{11}_{12}\varphi_2^* + {\rceil}^{12}_{11}\varphi_3^* + {\rceil}^{12}_{21}\varphi_4^*,$$

on obtient les équations conjuguées.

Nous construirons immédiatement les matrices correspondant aux

---

(¹) J. ROUBAUD-VALETTE, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1921.

nombres hypercomplexes, en écrivant

$$\Psi^{LC}_{l_c} \to L \overset{C}{\begin{array}{|c|c|} \hline l^c & l^c \\ \hline l^c & l^c \\ \hline \end{array}} :$$

Exemple

$$1 \to \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$\Gamma_1 I \to \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & i \\ 0 & 0 & i & 0 \\ 0 & i & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad \ldots, \quad \Gamma_2 \to \begin{vmatrix} 0 & 0 & -i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -i \\ i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & i & 0 & 0. \end{vmatrix}, \quad \ldots$$

Nous pouvons même construire *a priori* les matrices correspondant à toutes les grandeurs de l'hyperespace.

Exemple. — Hx (coefficient $1I$) et hx (coefficient ΓI), puisque

$$1I \simeq [E_{22} + E_{11}][i(e_{12} + e_{21})] \quad \text{et} \quad \Gamma I \simeq [i(E_{22} - E_{11})][i(e_{12} + e_{21})],$$

$$Hx \to \begin{vmatrix} 0 & i & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & i \\ 0 & 0 & i & 0 \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad hx \to \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}.$$

En écrivant $\Psi_{iJ} = \Phi_i \varphi_J$ nous voyons immédiatement que les Φ_i sont des spineurs « dimensionnels » et les φ_i des spineurs « directionnels » formés par les différents termes du *produit complet* de deux affixes $\rho = E_1 \rho_1 + E_2 \rho_2$ et $\rho' = E_1 \rho'_1 + E_2 \rho'_2$ pour Φ_i et $r = e_1 r_1 + e_2 r_2$ et $r' = e_1 r'_1 + e_2 r'_2$ pour φ_J.

Prenons ψ à 16 composantes, on retrouve quatre fois les mêmes équations de M. Dirac. Pour voir cela, il convient d'écrire N sous la forme

$$\frac{\rho\rho' r r'}{4} [\cos\mu + \Gamma_1 \sin\varepsilon + \Gamma_2 (i \sin\mu) + \Gamma (i \cos\varepsilon)]$$
$$\times [\cos\mu' + I(-i \sin\varepsilon') + J(-\sin\mu') + K(-i \cos\varepsilon')];$$

comme on le voit immédiatement à partir des affixes du sous-espace, en écrivant $\rho = E_1 \rho \cos\lambda + E_2 \rho \sin\lambda$, $\rho' = E_1 \rho' \cos\theta + E_2 \rho' \sin\theta$, ... et $\mu = \lambda - \theta$, $\varepsilon = \lambda + \theta$, idem pour μ' et ε' et en exprimant toutes les grandeurs à l'aide

de μ, ε, μ', ε'. De plus, la phase de l'onde Φ, et celle de φ sont

$$\frac{1}{\mu_0 c S}\left[\frac{W}{l}T - |p||L| + p_5 u\right],$$

$$\frac{1}{\mu_0 c S}[|p||L| + p_1 x + p_2 y + p_3 z,$$

exprimées bien entendu en (μ, ε, μ', ε'), les opérateurs devenant $\mu_0 c S(\partial/\partial x_i)$.

Nous voyons apparaître la quantification par la nécessité pour la phase d'être de la forme $-2\pi i \times A$ (A étant un nombre sans dimensions); d'où $1/\mu_0 c S$ est $-2\pi i \times 1/h$, h ayant les dimensions d'une action, ce qui donne $\mu_0 c R i = h/-2\pi i$ ou $h/2\pi = \mu_0 c R$. Les lois du rayonnement et le rayon de l'espace de de Sitter donnent $\mu_0 = 10^{-64}$ gramme; c'est le *quantum de masse.*

CHALEUR. — *Sur le calcul des températures et pressions de combustion en vase clos.* Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le calcul des températures et pressions de combustion en vase clos se trouve compliqué par la nécessité de tenir compte de la dissociation des produits de combustion. Dans un tel calcul les auteurs ont appliqué jusqu'ici des méthodes d'approximations successives qui se révèlent extrêmement laborieuses ([1]). Nous nous proposons de montrer ici que l'adoption d'un diagramme QT, sous forme généralisée, permet de simplifier très notablement les calculs.

Considérons par exemple la combustion $CO + 0{,}5\,O^2 = CO^2 + 68\,\text{K cal}$, s'effectuant en vase clos, la pression initiale et la température initiale étant respectivement P_0 et T_0. Pour nous permettre d'établir le diagramme QT, portons la molécule CO^2 à une température T quelconque; soit P la pression atteinte et désignons respectivement par x, y, z et u le nombre de molécules CO^2, CO, O^2 et O présentes dans les produits de la dissociation d'une molécule CO^2. Entre les pressions et les températures absolues, on a une première relation :

(1) $$\frac{P}{P_0} = \frac{T}{T_0}\,\frac{\Sigma}{1{,}5},$$

([1]) Voir par exemple Aubert, *Combustibles liquides*, p. 142.

Σ désignant la somme $x+y+z+u$ des molécules présentes à la température T. D'autre part les équations d'équilibre entre les produits de la dissociation s'écrivent, compte tenu de l'équation (1),

$$(2) \qquad \frac{y^2 z}{x^2} = 1,5 \frac{K_1}{T} \frac{T_0}{P_0} = \lambda_1,$$

$$(3) \qquad \frac{u^2}{z} = \frac{1,5 K_2}{T} \frac{T_0}{P_0} = \lambda_2,$$

K_1 et K_2 désignant les constantes d'équilibre relatives aux dissociations de CO^2 et O^2.

On a d'autre part les relations

$$(4) \qquad x + y = 1,$$

$$(5) \qquad 2z + u = y,$$

qui traduisent le fait que, dans les produits de la dissociation, figurent 1^{at} de carbone et 2^{at} d'oxygène.

Les quatre dernières équations fournissent sans difficulté les valeurs de x, y, z et u. Dès lors, on calculera la quantité de chaleur totale Q_T nécessaire pour dissocier partiellement les molécules CO^2 et O^2 et porter les produits de la dissociation de la température T_0 à la température T; cette quantité de chaleur s'écrit

$$Q = 68y + 117,4 \frac{u}{2} + x q_{CO^2} + y q_{CO} + z q_{O^2} + u q_O,$$

q désignant les chaleurs d'échauffement des diverses molécules à volume constant entre T_0 et T. On répète le même calcul pour diverses valeurs de T et l'on trace le diagramme QT. Le calcul de la température de combustion s'obtient dès lors graphiquement en cherchant l'intersection de la courbe QT avec l'ordonnée $Q_0 = 68$ Kcal. Si l'on a par ailleurs repéré sur la courbe QT les valeurs de Σ, on calculera aisément P au moyen de l'équation (1).

Les calculs effectués par la méthode précédente nous ont conduit aux résultats suivants (pression initiale 1^{atm}, température initiale 0° C., mélanges pris en proportion théorique) :

	$2CO + O^2$.	CO + air.	$2H^2 + O^2$.	H^2 + air.
T (°K.)...........	3355	2705	3435	2710
P (atm.).........	9,6	7,9	9,45	7,9

Les valeurs des pressions ainsi calculées se montrent d'ailleurs en excellent accord avec les mesures expérimentales directes.

Pour le premier des exemples envisagé ci-dessus une pression initiale P_0 de 4^{atm} conduit aux valeurs suivantes pour la température et la pression finales :

$$T = 3620^\circ K., \quad P = 42^{atm},1.$$

THERMOÉLECTRICITÉ. — *Influence d'un champ magnétique longitudinal sur le pouvoir thermoélectrique du nickel et de divers ferronickels soumis à une traction.* Note de MM. **Georges Simon** et **Jean Bouchard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nos recherches ont porté sur des fils de nickel et de divers ferronickels soumis à un recuit de 5 heures à 900° suivi d'un refroidissement lent en 12 heures. Nous avons déterminé comment varie, pour des températures de 0 à 450°, la f. é. m. des couples formés par le cuivre et chacun des métaux ferromagnétiques étudiés lorsqu'on soumet les couples 1° à un champ magnétique longitudinal $\mathcal{H}$ constant, compris entre 0 et 800 gauss; 2° à une tension mécanique constante T, comprise entre 0 et 15 kg/mm².

Suivant l'axe d'un solénoïde de 50^{cm} de longueur, on disposait une chaîne rectiligne ABC formée de deux fils de cuivre A et C, reliés par un fil de l'échantillon B étudié, ces 3 fils étant brasés bout à bout en A/B et B/C. La chaîne étant suspendue à l'une de ses extrémités, on appliquait à l'autre extrémité une force constante mesurée par un poids ou un dynamomètre. La soudure A/B était portée à une température t_1 au moyen d'un petit four électrique à enroulement compensateur dont la description sera donnée ailleurs, et la soudure B/C maintenue à une température t_0 par un thermostat tubulaire à circulation d'eau.

Un potentiomètre à deux sections, du type à courant variable et à résistance constante, permettait de déterminer respectivement : 1° la f. é. m. E du couple entre t_1 et t_0, en l'absence de champ inducteur; 2° la différence $\Delta E = E' - E$, E' étant la f. é. m. du couple entre t_1 et t_0 lorsqu'on soumet la chaîne à un champ longitudinal $\mathcal{H}$ et à une traction T. De la f. é. m. E, on déduisait la différence de température $t_1 - t_0$ qui devait être maintenue constante à 1/5 de degré près pendant une mesure; ΔE était connu à 2.10^{-7} volt près.

A condition de disposer la portion ferromagnétique B du couple dans un champ uniforme, on trouve que l'influence du champ sur la f. é. m. est, aux erreurs d'expériences près, indépendante de la longueur l et du diamètre d du fil.

Nous avons tracé, pour chaque échantillon de fil ($l = 26^{cm}$, $d = 1^{mm}$), les courbes représentant 1° ΔE en fonction du champ $\mathcal{H}$ pour diverses températures et différentes tensions T; 2° ΔE en fonction de $t_1 - t_0$ pour différentes valeurs de $\mathcal{H}$ et de T; 3° ΔE en fonction de T, à champ et à température constants. Ces résultats, qui seront exposés en détail dans un mémoire plus complet, ont permis de faire en particulier les constatations suivantes :

1° Le signe et la grandeur de ΔE sont indépendants du sens de l'aimantation;

2° Pour une tension T et une différence de température $t_1 - t_0$ constantes, l'aimantation a généralement pour effet de diminuer la f. é. m. du couple ($\Delta E < 0$). ΔE, qui croît d'abord en valeur absolue lorsque le champ augmente; *a*, tend vers une limite ΔE_{lim} pratiquement constante, dans les conditions des expériences, pour les alliages contenant plus de 55 pour 100 de nickel; *b*, passe par un maximum ΔE_{max} et diminue ensuite en valeur absolue pour les alliages formés de 35 à 55 pour 100 de nickel; *c*, devient positive pour les valeurs élevées de la température de la soudure chaude et du champ dans le cas des ferronickels à 30 ou 40 pour 100 de nickel. Les résultats rapportés dans le tableau suivant, obtenus avec une tension nulle, donnent, pour divers ferronickels mis à notre disposition par les Aciéries d'Imphy, et différentes températures, les valeurs de ΔE_{lim} ou de ΔE_{max}, exprimées en microvolts, et les champs $\mathcal{H}$ correspondants exprimés en gauss.

Alliage teneur en Ni.	Nickel 99,5.		Permax 79.		Fixamper 72.		N 58 58.		Dilver 47.		A. D. R. 39.		Invar 36.	
$t_1 - t_0$.	ΔE_{lim}.	$\mathcal{H}$.	ΔE_{lim}.	$\mathcal{H}$.	ΔE_{lim}.	$\mathcal{H}$.	ΔE_{lim}.	$\mathcal{H}$.	ΔE_{max}.	$\mathcal{H}$.	ΔE_{max}.	$\mathcal{H}$.	ΔE_{max}.	$\mathcal{H}$.
75°	−27,5	220	−13,3	190	−13,6	90	− 7,0	140	− 9,5	180	−1,2	120	−0,3	50
135	−42,5	240	−21,5	250	−23,2	120	−13,2	150	−15,4	190	−1,9	120	−0,5	50
190	−55,1	250	−26,8	300	−32,0	140	−18,0	160	−18,8	200	−1,1	110	−0,7	50
240	−64,8	250	−30,0	320	−38,1	160	−21,8	160	−20,2	200	−0,9	110	−0,8	50
300	−72,0	250	−33,2	340	−45,4	160	−24,5	160	−19,0	220	−0,7	100	−0,9	50
360	−72,5	260	−35,8	350	−51,0	160	−26,8	160	−16,9	220	−0,6	100	−1,0	50
425	−70,5	260	−38,0	350	−55,2	160	−28,3	160	−14,2	240	−0,6	90	−1,2	50

3° Pour une différence de température donnée, l'accroissement de la tension a pour effet : A, dans le cas du nickel et des alliages contenant plus de 80 pour 100 de ce métal : *a*, d'augmenter $|\Delta E|$ pour les champs inducteurs supérieurs à une certaine limite de 200 gauss environ; *b*, de dimi-

nuer $|\Delta E|$ pour les champs faibles; B, dans le cas des alliages contenant moins de 80 pour 100 de nickel, de diminuer $|\Delta E|$ pour toutes les valeurs de $\mathcal{H}$. Pour le *permax*, l'influence de la tension sur ΔE est négligeable.

Ces résultats semblent pouvoir être rapprochés de ceux qu'ont obtenus divers auteurs (¹) (²), en étudiant la magnétostriction du nickel et de ses alliages sous l'influence combinée d'un champ longitudinal constant et d'une traction. Pour les ferronickels soumis à un champ inducteur modéré un accroissement de la tension augmente la contraction de magnétostriction des alliages riches en nickel, mais diminue l'allongement de magnétostriction des alliages à faible teneur en nickel; la magnétostriction des alliages à 80 pour 100 de nickel est indépendante de la traction. Enfin la magnétostriction du nickel suit une loi (²) qui se trouve être tout à fait analogue à celle que nos expériences ont fournie pour ΔE.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur le pouvoir séparateur dans les spectres de rayons X.* Note (¹) de MM. **V. Dolejšek** et **M. Taykrle**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'expérience a montré qu'au moyen du cristal déformé selon le mode de focalisation *verticale* (²) on peut réellement obtenir un pouvoir séparateur net. Dans ce cas l'expérience a montré que, pour les rayons se *focalisant* à partir d'une série de points du cristal situés verticalement l'un au-dessus de l'autre, il n'est nullement nécessaire, pour une seule longueur d'onde, de tourner le cristal de façon a en faire réfléchir les différentes parties situées horizontalement l'une à côté de l'autre.

En se servant d'un cristal de gypse, nous avons travaillé avec une distance de 150^{cm} entre la fente et la plaque, en amenant le cristal pendant la rotation à la courbure correspondante (³). Avec une largeur de fente de 0^{mm},05, nous avons obtenu les lignes $CuK\alpha_1\alpha_2$ dans le premier, le second et le troisième ordre, après des poses allant de 3 jusqu'à 20 minutes.

Les résultats montrent qu'il est plus avantageux, pour arriver à un pou-

---

(¹) L. W. Mc Keehan et P. P. Cioffi, *Phys. Rev.*, 28, 1926, p. 146; C. E. Buckley et L. W. Mc Keehan, *Phys. Rev.*, 26, 1925, p. 261.

(²) B. Wwedensky et J. Simanow, *Zeits. f. Phys.*, 38, 1926, p. 202.

(¹) Séance du 3 novembre 1937.

(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 605.

(³) S. K. Allisson, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 62.

voir séparateur considérable, d'utiliser un dispositif avec une courbure du cristal telle que les rayons soient réfléchis en donnant un faisceau de rayons parallèles. En ce cas les défauts accidentels du cristal ne se manifestent que dans certaines parties des lignes. La luminosité est un peu moins augmentée par rapport aux méthodes sans focalisation, mais on peut ainsi utiliser des distances beaucoup plus grandes.

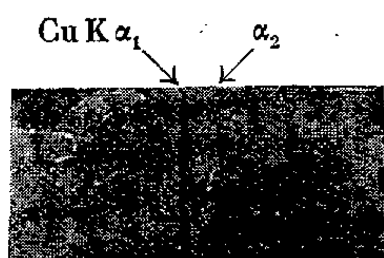
Dans le tableau qui suit, on donne les largeurs w_c des lignes Cu$K\alpha$, dans le demi-maximum, corrigées par rapport à la largeur de la fente, et, dans la dernière colonne, le pouvoir séparateur calculé d'après l'équation d'Allisson [3].

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 2 \operatorname{tang} \frac{\varphi}{w_c}.$$

$\lambda = 1537\,xu.$	w_c.	$\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$.
Premier ordre............	11,8″	3700
»	10,7	4000 ($\rho = 2a\sin\varphi$)
Deuxième ordre..........	16,8	5100
»	15,4	5500 ($\rho = 2a\sin\varphi$)
Troisième ordre..........	22,5	5700

Les deuxièmes valeurs données pour les valeurs de w_c et $\lambda/\Delta\lambda$, dans le premier et le second ordre, correspondent aux rayons parallèles et montrent l'avantage de ce dispositif.

Le pouvoir séparateur pour les lignes du cuivre, donné plus haut,



IIe ordre, gypse, grandeur naturelle. Distance de la fente-plaque 600cm.

s'approche pratiquement des valeurs obtenues avec les spectrographes construits spécialement pour un grand pouvoir séparateur, et de celles obtenues, avec les spectrographes à cristal double [qui sont, d'après S. K. Allisson [4] $\sqrt{2}$ fois plus grandes]. Avec ce spectrographe, L. G. Parratt [5] a atteint, dans son second travail, pour les lignes Cu$K\alpha_{1,2}$ la valeur $\lambda/\Delta\lambda = 7100$. Cette valeur a été obtenue au moyen d'un cristal de quartz.

(4) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 203, et 41, 1932, p. 1.
(5) *Rev. Sc. Instr.*, 6, 1935, p. 113.

Le quartz est, d'après les résultats de Bozorth et Haworth ([6]), un cristal des plus parfaits, tandis que le gypse est considéré comme un des moins bons. Dans la méthode donnée ici le cristal de quartz pourrait être utilisé s'il était possible de se servir de distances encore plus grandes entre la fente et la plaque, mais il n'est pas possible de donner au quartz une courbure assez grande, nécessaire pour les dimensions données de notre spectrographe. Nous avons montré que l'utilisation des grandes distances est possible et que la luminosité de la méthode est satisfaisante sur un appareil improvisé avec un cristal de gypse et un parcours des rayons entre la fente et la plaque de 600^{cm}. La largeur de la fente mesurait $0^{mm},082$ et le temps de l'exposition était une heure. Les lignes $CuK\alpha_1$ et $K\alpha_2$ dans le deuxième ordre, obtenues avec cette distance, sont données en grandeur naturelle dans le cliché 1. Le pouvoir séparateur dans ce cas est

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 2 \operatorname{tang} \frac{\varphi}{w_c} = 5700.$$

Le pouvoir séparateur obtenu par nous avec le gypse ($d = 7$ Å) correspond d'après les résultats de Dolejšek-Klein ([7]), à la pénétration effective $p = d.m = 2.10^{-3}$ mm (où m est le nombre de plans cristallins). Cette valeur s'accorde avec la valeur de la pénétration d'après la théorie de la réflexion des rayons X sur les réseaux cristallins. La même valeur de la pénétration résulte du pouvoir séparateur pour ces lignes obtenues par Parratt (*loc. cit.*) avec le quartz et ($d = 4$ Å) à l'aide d'un spectrographe à double cristal.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Les aberrations du second ordre des systèmes orthogonaux.* Note de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Cette Note fait suite à deux autres ([1]) dont nous adoptons les notations.

Le calcul des aberrations du second ordre d'un pinceau monocinétique dans un système orthogonal peut se faire par une méthode de variation des constantes, analogue à la méthode utilisée par Scherzer pour les systèmes centrés ([2]).

([6]) *Phys. Rev.*, 45, 1634, p. 762 et 821.

([7]) *Nature*, 139, 1937, p. 886.

([1]) M. Cotte, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 129 et 974.

([2]) Busch et Brüche, *Beiträge zum Elektronenoptik*, p. 33, Leipzig, 1937.

Représentons à l'approximation de Gauss les trajectoires par

(1) $$\begin{cases} x = x_1\, u(z) + x_2\, v(z), \\ y = y_1\, w(z) + y_2\, t(z), \end{cases}$$

u et w étant nuls pour $z=b$, v et t étant nuls pour $z=a$. A l'approximation suivante, la trajectoire qui perce le plan $z=a$ au point $x_1 u(a)$, $y_1 v(a)$ et le plan $z=b$ au point $x_2 v(b)$, $y_2 v(b)$ sera

(2) $$\begin{cases} x = [x_1 + C_1(z)]\, u(z) + [x_2 + C_2(z)]\, v(z), \\ y = [y_1 + C_3(z)]\, w(z) + [y_2 + C_4(z)]\, t(z) \end{cases}$$

avec

(3) $$\begin{cases} C_1(z) = \alpha_{11}\dfrac{x_1^2}{2} + \alpha_{12} x_1 x_2 + \alpha_{22}\dfrac{x_2^2}{2} + \alpha_{33}\dfrac{y_1^2}{2} + \alpha_{34} y_1 y_2 + \alpha_{44}\dfrac{y_2^2}{2}, \\ C_2(z) = \beta_{11}\dfrac{x_1^2}{2} + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{22}\dfrac{x_2^2}{2} + \beta_{33}\dfrac{y_1^2}{2} + \beta_{34} y_1 y_2 + \beta_{44}\dfrac{y_2^2}{2}, \\ C_3(z) = j_{13} x_1 y_1 + j_{14} x_1 y_2 + j_{23} x_2 y_1 + j_{24} x_2 y_2, \\ C_4(z) = l_{13} x_1 y_1 + l_{14} x_1 y_2 + l_{23} x_2 y_1 + l_{24} x_2 y_2\,; \end{cases}$$

(4) $$K = n_0(vu' - uv'), \qquad K_1 = n_0(tw' - wt').$$

(5) $$\begin{cases} K\,\alpha_{11}(z) = 2\,A\,v u u' - \displaystyle\int_a^z [A(2v'uu' + vu'^2) + B v u^2]\, dz, \\ K\,\alpha_{12}(z) = A\,v(uv' + vu') - \displaystyle\int_a^z [A(2vu'v' + uv'^2) + B v^2 u]\, dz, \\ K\,\alpha_{22}(z) = 2\,A\,v^2 v' - \displaystyle\int_a^z [3\,A\,v v'^2 + B v^3]\, dz\,; \end{cases}$$

(6) $$\begin{cases} K\,\alpha_{33}(z) = -\displaystyle\int_a^z v[A w'^2 + \Gamma w^2 + 2\,D w w']\, dz, \\ K\,\alpha_{34}(z) = -\displaystyle\int_a^z v[A w' t' + \Gamma w t + D(wt' + w't)]\, dz, \\ K\,\alpha_{44}(z) = -\displaystyle\int_a^z v[A t'^2 + \Gamma t^2 + 2\,D t t']\, dz\,; \end{cases}$$

(7) $$\begin{cases} K_1 j_{13}(z) = A\,t u w' - \displaystyle\int_a^z (A u w' t' - D u' w t + G u w t)\, dz, \\ K_1 j_{14}(z) = A\,t u t' - \displaystyle\int_a^z (A u t'^2 - D u' t^2 + G u t^2)\, dz, \\ K_1 j_{23}(z) = A\,t v w' - \displaystyle\int_a^z (A v w' t' - D v' w t + G v w t)\, dz. \\ K_1 j_{24}(z) = A\,t v t' - \displaystyle\int_a^z (A v t'^2 - D v' t^2 + G v t^2)\, dz. \end{cases}$$

et

$$(8)\quad\left\{\begin{aligned}
A &= -\theta n_0 + b_1 \frac{\mu e}{n_0},\\
B &= \frac{e}{c}\left(\frac{\partial^2 H_y}{\partial x^2} - 2\theta \frac{\partial H_y}{\partial x}\right) - \frac{\mu e}{n_0}(3\theta b_{11} - b_{111}) - \frac{3\mu^2 e^2}{n_0^3}(\theta b_1^2 - b_1 b_{11}) + \frac{3\mu^3 e^3}{n_0^5} b_1^3,\\
\Gamma &= \frac{e}{c}\frac{\partial^2 H_y}{\partial y^2} - \frac{\mu e}{n_0}(\theta b_{22} - b_{122}) + \frac{\mu^2 e^2}{n_0^3} b_1 b_{22},\\
D &= -\frac{e}{c}\frac{\partial H_z}{\partial y},\\
G &= -\frac{e}{c}\left(\frac{\partial^2 H_x}{\partial x \partial y} - \theta \frac{\partial H_x}{\partial y}\right) - \frac{\mu e}{n_0}(\theta b_{22} - b_{122}) + \frac{\mu^2 e^2}{n_0^3} b_1 b_{22}.
\end{aligned}\right.$$

Les formules pour β_{11}, β_{12}, β_{22}, β_{33}, β_{34}, β_{44}, l_{13}, l_{14}, l_{23}, l_{24} sont de construction assez analogue à (5), (6), (7).

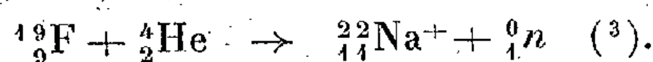
Il est facile de discuter les aberrations au voisinage des focales, et de donner des formules pour l'influence sur ces aberrations de la position du diaphragme, ou de l'inclinaison du plan objet et du plan image sur la trajectoire moyenne.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des énergies des électrons et positons émis lors de certaines réactions nucléaires.* Note [1] de M. **Claude Magnan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Ces énergies sont mesurées par un spectrographe à focalisation magnétique et à compteur de Geiger-Müller, dont le domaine d'exploration va de 150 000 ev à 14×10^6 ev. La quantité $H\rho$ est connue à 5 pour 100 près.

Les premières mesures ont porté sur les radioactivités artificielles à positons produites par le bombardement par particules α (source de polonium de 20 mc).

J'ai tout d'abord utilisé du fluorure de calcium, irradié pendant plusieurs mois, afin d'obtenir du radiosodium, dont la période est de 3 ans [2] et la réaction nucléaire



$${}^{19}_{9}F + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{22}_{11}Na^{+} + {}^{0}_{1}n \quad (^{3}).$$

La limite d'énergie trouvée est de $0,6\times10^6$ ev ($\pm$ 0,06 Mev) en bon accord avec les résultats obtenus par L. Jackson-Laslett [2].

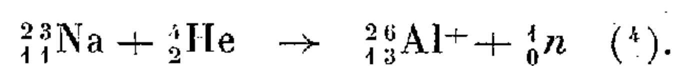
---

[1] Séance du 29 décembre 1937.

[2] *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 529.

[3] Savel, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 482; Bonner, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 425 et 452.

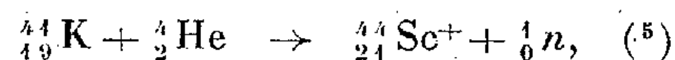
Pour les radioéléments à vie brève, j'ai effectué les mesures en régime permanent, la substance à irradier étant en présence du polonium pendant la durée des mesures. L'activité produite dans le sodium, irradié sous forme de NaCl, par les particules α a une période de 7 secondes et une réaction nucléaire



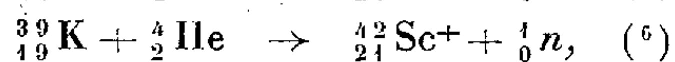
$$^{23}_{11}\mathrm{Na} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{26}_{13}\mathrm{Al}^{+} + ^{1}_{0}n \quad (4).$$

L'énergie maximum des positions a été trouvée égale à $4,6 \times 10^6$ ev ($\pm$ 0,46 Mev).

En irradiant du chlorure de potassium, on obtient

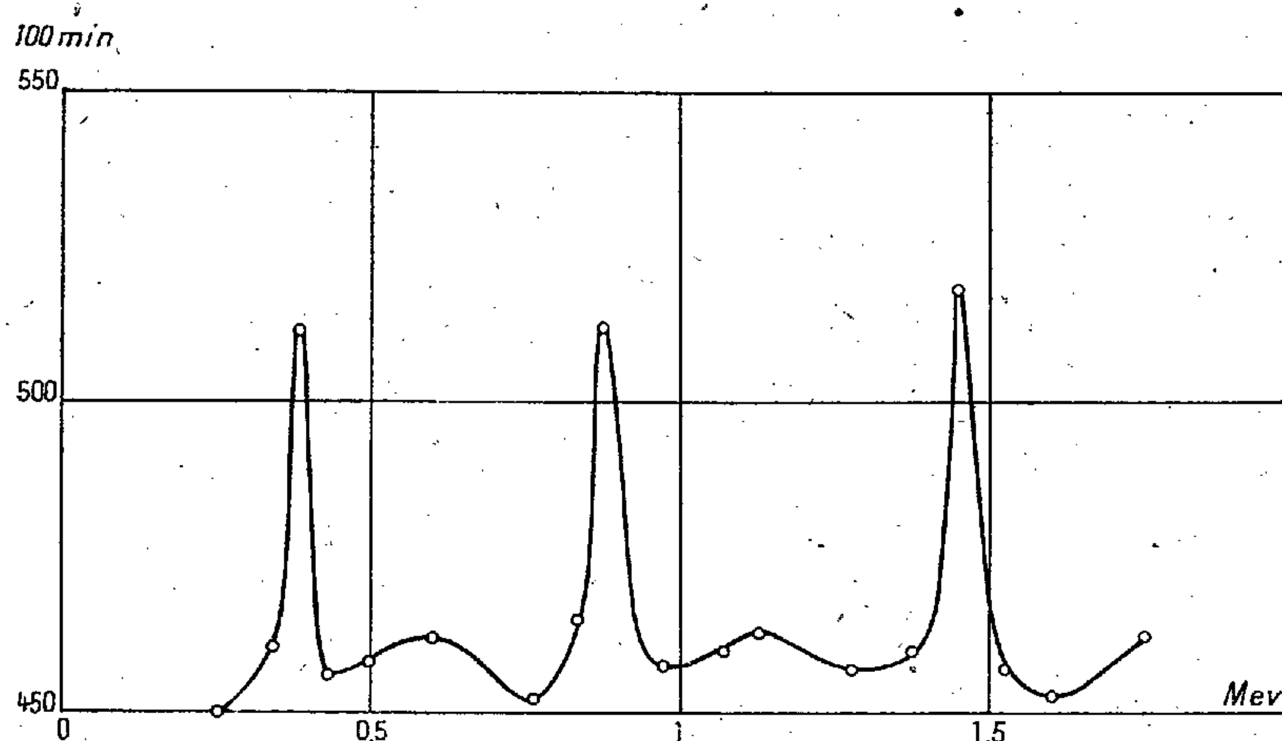


$$^{41}_{19}\mathrm{K} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{44}_{21}\mathrm{Sc}^{+} + ^{1}_{0}n, \quad (5)$$



$$^{39}_{19}\mathrm{K} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{42}_{21}\mathrm{Sc}^{+} + ^{1}_{0}n, \quad (6)$$

dont les périodes sont respectivement 52 heures (la plus faible) et 4 heures (6). La faible intensité du phénomène ne permet pas une grande certitude sur la valeur $1,9 \times 10^6$ ev de la limite de l'énergie, qui diffère un peu de celle trouvée par H. Walke (6).



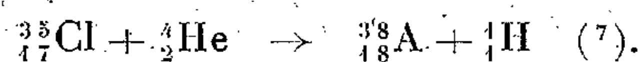
Je n'ai rien trouvé pour l'activité produite dans le chlore par le bombardement α. Par contre l'examen des spectres des positions du KCl et du NaCl montre l'existence de trois mêmes pics, dont les $H\rho$ sont 2460, 4305, 6355 en gauss/cm.

Les spectres des électrons négatifs présentent deux pics dont les $H\rho$ sont 2665 et 6355, entre lesquels se trouve une courbe à maximum étalé.

(4) Frisch, *Nature*, **133**, 1934, p. 721; Savel, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1404.
(5) Zyw, *Nature*, **134**, 1934, p. 64.
(6) H. Walke, *Phys. Rev.*, **52**, 1937, p. 400.

Si le troisième pic, dont le Hρ en positons est de 4305 gauss/cm, existe, il est noyé dans cette courbe, qui correspond à la raie $0,8 \times 10^6$ ev des γ du polonium, mais qui est étalée à cause du manque de définition du radiateur des γ du polonium. Le phénomène est peu intense. Les pics sont distants du fond continu de deux à trois fois la racine carrée de sa valeur. Cependant au cours de nombreuses vérifications, ils ont toujours été retrouvés. Ils semblent étroits. En particulier pour le pic, dont le Hρ est de 6355 gauss/cm, la quantité $\Delta E/E$, à la base, est de 0,1, où E est l'énergie correspondant au pic. J'ai pensé que ces pics se rattachaient à un effet de matérialisation de photons γ, attribuables au chlore présent dans les deux substances.

Compte tenu de l'énergie de matérialisation, on aurait trois raies γ, dont les quanta seraient : 1,7 Mev, 2,7 Mev, 3,9 Mev. Or l'irradiation du chlore par les particules α donne



$$^{35}_{17}\mathrm{Cl} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{38}_{18}\mathrm{A} + ^{1}_{1}\mathrm{H} \quad (^{7}).$$

Pollard indique trois parcours de protons, dont les énergies sont : 7,6 Mev, 5,4 Mev, 3,8 Mev. Les différences d'énergie entre ces trois groupes sont : 3,8 Mev, 2,2 Mev, 1,6 Mev. De sorte qu'on peut penser que les trois raies γ trouvées sont liées à ces trois différences des trois groupes de protons. J'ai enfin irradié de l'aluminium en feuille de 0,0054 gr/cm^2 dont l'activité a une période de 3 minutes et une réaction



$$^{27}_{13}\mathrm{Al} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{30}_{15}\mathrm{P}^{+} + ^{1}_{0}n \quad (^{8}).$$

La limite d'énergie trouvée est de $3,5 \times 10^5$ ev ($\pm$ 0,35 Mev) en bon accord avec les résultats de M. et Mme Joliot-Curie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques formules simples relatives aux phénomènes d'adsorption portant sur les mélanges.* Note [1] de M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Les phénomènes d'adsorption portent souvent sur des milieux renfermant des molécules ou des ions de natures diverses; en particulier, dans le

[7] Pollard, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 890.

[8] M. et Mme Joliot-Curie, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1885.

[1] Séance du 29 novembre 1937.

cas d'une solution en contact avec un solide adsorbant, il y a toujours au moins deux sortes de molécules susceptibles d'être fixées par l'adsorbant : les molécules du corps dissous et celles du solvant.

Nous nous bornerons au cas où deux constituants A et B (gazeux ou en dissous) sont susceptibles de se fixer sur le corps adsorbant C et nous supposerons que l'adsorption relative à chacun d'eux aboutisse à un équilibre régi par la relation de M. Jean Perrin.

Désignons par c la concentration initiale des molécules actives sur la surface de l'adsorbant C, par y_1 et y_2 les concentrations d'adsorption de A et B lorsqu'ils sont mis séparément en contact avec C, les concentrations d'équilibre dans le milieu soumis à l'adsorption ayant pour valeurs x_1 et x_2. On a ainsi

$$(1) \qquad y_1 = \frac{k_1 c x_1}{1 + k_1 x_1}, \qquad y_2 = \frac{k_2 c x_2}{1 + k_2 x_2}.$$

Désignons de même par y'_1 et y'_2 les concentrations d'adsorption lorsque les constituants A et B agissent simultanément en présence de C, leurs concentrations dans le milieu où se produit l'adsorption ayant pour valeurs x'_1 et x'_2. La concentration des molécules actives sur l'adsorbant a diminué d'une quantité $Y = y'_1 + y'_2$ et est donc devenue $c - Y$. La considération de l'équilibre des deux constituants entre le milieu où se produit l'adsorption et la surface du corps adsorbant fournit alors les deux relations

$$y'_1 = k_1 x'_1 (c - Y), \qquad y'_2 = k_2 x'_2 (c - Y),$$

d'où l'on tire aisément pour y'_1 et y'_2 les valeurs

$$(2) \qquad y'_1 = \frac{k_1 c x'_1}{1 + k_1 x'_1 + k_2 x'_2}, \qquad y'_2 = \frac{k_2 c x'_2}{1 + k_1 x'_1 + k_2 x'_2}.$$

2. La comparaison des relations (1) et (2) montre immédiatement que, pour des concentrations déterminées $x'_1 = x_1$ et $x'_2 = x_2$ des constituants A et B dans le milieu où se produit l'adsorption, la quantité de chacun d'eux qui est fixée sur l'adsorbant est plus grande lorsqu'ils sont envisagés isolément que lorsqu'ils sont pris simultanément.

3. La comparaison des concentrations d'adsorption y'_1 et y'_2 fournies par les relations (2) donne

$$(3) \qquad \frac{y'_1}{k_1 x'_1} = \frac{y'_2}{k_2 x'_2}.$$

En portant en abscisses les valeurs de y'_1/x'_1 et en ordonnées celles de y'_2/x'_2,

les points obtenus doivent se placer sur une droite passant par l'origine.

4. Désignons par a et b les concentrations initiales des constituants A et B avant que se produise aucune adsorption. En remarquant que les concentrations x'_1 et x'_2 que possèdent ces mêmes constituants après que l'équilibre d'adsorption est établi sont respectivement égales à $a - \alpha y'_1$ et $b - \alpha y'_2$, α désignant une constante dépendant du rapport entre la surface du corps adsorbant et le volume du milieu soumis à l'adsorption, l'équation (3) peut s'écrire

$$\frac{y'_1}{y'_2} = \frac{k_1(a - \alpha y'_1)}{k_2(b - \alpha y'_2)},$$

d'où l'on tire aisément

$$k_2\left(\frac{b}{y'_2} - \alpha\right) = k_1\left(\frac{a}{y'_1} - \alpha\right). \tag{4}$$

En portant en abscisses les valeurs de a/y'_1 et en ordonnées celles de b/y'_2, les points figuratifs doivent se placer sur une droite représentée par l'équation (4).

5. En comparant les relations (1) et (2) pour les mêmes concentrations d'équilibre de chacun des constituants A et B, c'est-à-dire dans des conditions telles que l'on ait $x'_1 = x_1$ et $x'_2 = x_2$, on a ainsi

$$\frac{1}{y'_1} - \frac{1}{y_1} = \frac{1}{c}\frac{k_2 x_2}{k_1 x_1}, \tag{5}$$

$$\frac{1}{y'_2} - \frac{1}{y_2} = \frac{1}{c}\frac{k_1 x_1}{k_2 x_2}. \tag{6}$$

L'écart $1/y'_1 - 1/y_1$, pour des valeurs quelconques de x_1 et x_2, est proportionnel au quotient x_2/x_1, tandis que l'écart $1/y'_2 - 1/y_2$ est proportionnel au quotient x_1/x_2.

La comparaison des équations (5) et (6) fournit aussitôt

$$\left(\frac{1}{y'_1} - \frac{1}{y_1}\right)\left(\frac{1}{y'_2} - \frac{1}{y_2}\right) = \frac{1}{c^2} = \text{const.}$$

6. Tous les résultats précédents supposent que l'équation de M. Jean Perrin s'applique à chacun des phénomènes d'adsorption envisagés pris isolément, mais, lorsque cette condition est réalisée, les diverses relations indiquées dans cette Note sont en accord avec les résultats expérimentaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'immobilisation isotherme et réversible des particules dans les sols thixotropes.* Note (¹) de M. **Wilfried Heller** et de Mlle **Germaine Quimfe**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude cinétique de la transformation sol → gel thixotrope se fait généralement par la mesure du temps de solidification ϑ : on liquéfie l'échantillon par agitation et l'on détermine ensuite, par une série d'essais, le temps après lequel le sol ne coule plus quand on retourne le récipient qui le contient. Cette méthode s'est montrée utile, c'est à elle qu'on doit la plupart des connaissances actuelles sur la thixotropie. Mais ϑ indique au lieu d'une transformation physique, le passage par un point arbitrairement choisi sur la courbe de l'évolution de la fluidité en fonction du temps. La connaissance d'un tel point, qui se place, suivant les conditions expérimentales et suivant la viscosité du sol, en des endroits différents de la courbe (²), ne suffit pas pour étudier d'une façon précise la cinétique de la transformation sol → gel. Cette méthode est donc basée sur une distinction des sols et des gels à partir de leur fluidité. Cette définition est très utile quand il s'agit de sols ou de gels typiques (systèmes très fluides ou très solides), mais imprécise dans les autres cas.

Aussi voudrions-nous partir de la définition suivante : on a affaire à un sol si les particules effectuent un mouvement brownien illimité et à un gel si les particules n'ont aucune énergie cinétique. Un troisième groupe (intermédiaire) peut être caractérisé par un mouvement brownien limité des particules (oscillations autour d'un point d'équilibre) : groupe des « sols très élastiques » et des « gels très mous ». Nous considérons donc le temps au bout duquel les particules d'un sol thixotrope cessent leur mouvement brownien comme une mesure exacte du temps (ϑ abs.) au bout duquel se fait la transformation sol → gel.

Pour déterminer ce temps on pourrait à l'aide d'un ultramicroscope suivre l'effet Tyndall des particules.

Déjà A. Cotton et H. Mouton (³) avaient ainsi observé une immobilisation réver-

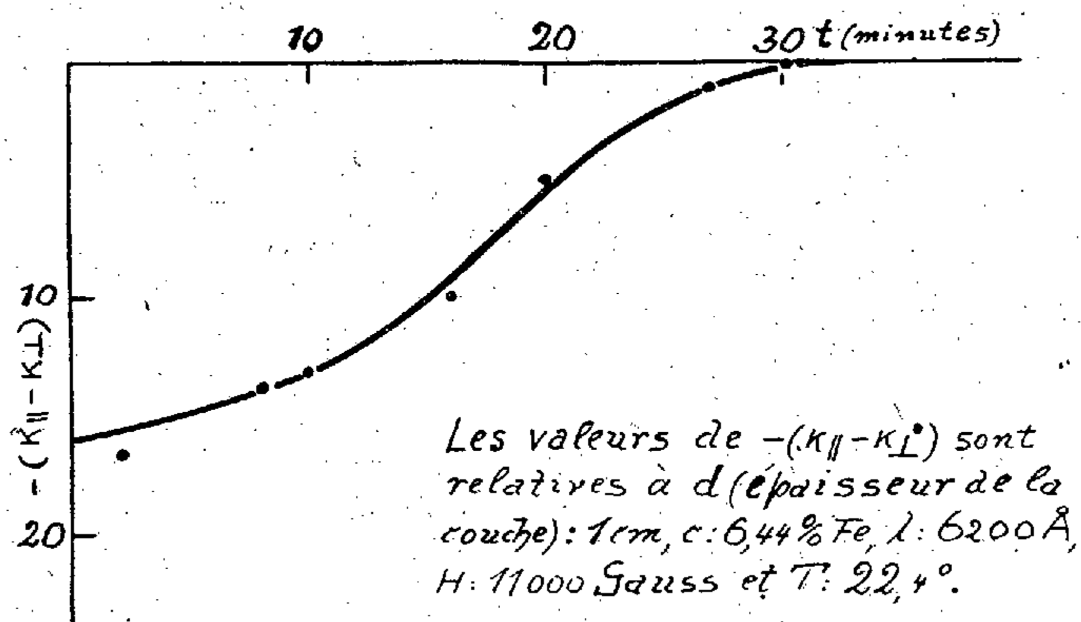
(¹) Séance du 29 novembre 1937.

(²) ϑ varie beaucoup avec le diamètre du tube employé, avec la nature et l'état superficiel du verre, ainsi qu'avec la pression hydrostatique exercée sur l'échantillon (la hauteur de la couche, la forme du récipient). Il varie encore avec la solidité de la surface de l'échantillon et surtout avec sa viscosité.

(³) *Ann. de Chim. et de Phys.*, **11**, 1907, p. 186.

sible des particules d'un sol apparemment thixotrope. E.-A. Hauser [1] a depuis étudié de très près cet effet et il a encore trouvé que lorsque la position d'une particule est fixée, elle peut continuer quelque temps encore à tourner sur place. La méthode ultramicroscopique présenterait donc l'avantage de donner non seulement un ϑ abs. ($= \vartheta$ transl.), mais elle permettrait encore de connaître dans le cas de particules non sphériques le rapport entre ϑ transl. et ϑ rot., et d'en suivre la variation possible. Mais elle présente quelques inconvénients expérimentaux, et il y a surtout le danger d'une immobilisation prématurée d'une partie des particules par l'influence des parois.

Nous avons appliqué une autre méthode dont nous donnerons ailleurs le détail : on prend un système thixotrope à particules anisotropes qui s'orientent dans un champ magnétique. En soumettant l'échantillon à l'action directrice du champ on provoque une biréfringence et un dichroïsme d'autant plus grands que le temps t qui s'est écoulé depuis sa liquéfaction est plus petit. La figure (se rapportant au dichroïsme) montre



ainsi que, dans un sol thixotrope de goethite, les particules ne s'orientaient plus à partir de 30 à 32 minutes, ceci ne peut s'expliquer que si les particules ont perdu leur liberté de mouvement. Le temps d'immobilisation ainsi déterminé ne saurait être, pour un $H > 10000$ Gauss, sensiblement différent du ϑ abs. Cette méthode présente comparativement à la méthode ultramicroscopique l'avantage de permettre de suivre quantitativement l'immobilisation *progressive* des particules. Dans le cas considéré, on établit que la liberté du mouvement diminue surtout entre 10 et 20 minutes. La méthode présente l'inconvénient de ne pouvoir être appliquée qu'à un nombre restreint de systèmes thixotropes. Mais l'étude de quelques-uns suffit pour connaître la cinétique générale de la thixotropie.

---

(1) *Koll. Zeitschr.*, **48**, 1929, p. 57.

En comparant la courbe du dichroïsme donné dans la figure à la variation avec t du coefficient de l'absorption k du sol isotrope ([5]), on constate que l'évolution intérieure du système continue encore après que les particules sont devenues pratiquement immobiles. On est donc amené à expliquer la variation *finale* et asymptotique de k par un rapprochement lent et continu des particules immobiles et agrégées aux géloïdes. Le resserrement et la solidification du réseau des géloïdes qui s'ensuit, peuvent être considérés comme la cause de l'augmentation de l'élasticité des gels thixotropes avec le temps dont la très lente évolution a été étudiée par H. Freundlich et W. Rawitzer ([6]).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'application des lois du déplacement de l'équilibre aux mélanges liquides hétérogènes.* Note ([1]) de M. **Paul Mondain Monval.**

Les lois de Le Chatelier et de Van't Hoff s'appliquent parfaitement, comme on le sait, aux équilibres de solubilité classiques observés entre une phase solide pure et une phase liquide mixte, constituée par une solution saturée du solide dans un solvant approprié. La validité de ces mêmes lois doit logiquement s'étendre aux équilibres hétérogènes très semblables de la solubilité réciproque caractérisés par la coexistence de deux phases liquides et mixtes, ce qui les différencie des équilibres de solubilité simple. Bien qu'ici une vérification expérimentale soit délicate, il nous a semblé cependant intéressant de la tenter, au moins qualitativement, avec plusieurs couples de liquides partiellement miscibles et présentant un point critique voisin de la température ordinaire.

Nos essais ont roulé sur les trois couples : *aniline-cyclohexane*, *n-hexane-nitrobenzène* et *triéthylamine-eau*.

L'application des lois de Le Chatelier et de Van't Hoff à ces systèmes hétérogènes nécessite la connaissance des phénomènes suivants :

1° Variation de la solubilité réciproque avec la température;

2° Effet thermique de miscibilité à la température critique;

3° Variation de la solubilité réciproque sous l'influence de la pression;

([5]) Voir W. Heller et G. Quimfe, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 857.

([6]) *Koll. Beih.*, 25, 1927, p. 252.

([1]) Séance du 29 novembre 1937.

4° Variation de volume occasionnée par la séparation en deux couches.

1° Le tracé de la courbe de solubilité réciproque à diverses températures des trois couples étudiés a déjà fait l'objet d'un certain nombre de recherches. Nous avons cependant effectué pour chacun d'eux de nouvelles déterminations du point de trouble dans la région critique, afin de connaître avec précision les températures de démixtion. Ces déterminations fixent comme il suit les coordonnées critiques :

Couple.	Point critique.	t°.	Concentration.
Aniline-cyclohexane............	supérieur	30°,95	45,7 % aniline
N-hexane-nitrobenzène..........	supérieur	20°,2	49 % hexane
Triéthylamine-eau..............	inférieur	18°,5	48 % eau

2° Les effets thermiques qui accompagnent la démixtion ont été déterminés par mélange direct au calorimètre Dewar de proportions variables des deux constituants de chaque couple et mesure de la quantité de chaleur évoluée, la température du mélange étant, dans chaque cas, voisine de la température critique. On trouve ainsi que les mélanges d'aniline et de cyclohexane d'une part, de nitrobenzène et d'hexane d'autre part, s'effectuent avec une forte absorption de chaleur, ceux de triéthylamine et d'eau avec un notable dégagement.

3° L'influence de la pression sur les équilibres de solubilité réciproque a déjà été l'objet des recherches de Timmermans ([2]). Très généralement, sous l'action de la pression, le point critique de miscibilité est déplacé. Abstraction faite de la variation relativement négligeable de la concentration critique, on peut exprimer ce déplacement par le rapport dt/dp (en degrés par kilogramme) pour les trois couples étudiés :

Couple.	Aniline-cyclohexane.	*n*-Hexane-nitrobenzène.	Triéthylamine-eau.
$\frac{dt}{dp}$........	+0,0075	−0,0164	+0,205

L'examen de ces rapports montre que la solubilité mutuelle diminue légèrement, lorsque la pression s'élève, pour le premier de ces couples, augmente sensiblement pour le second et très fortement pour le système triéthylamine-eau, malgré la différence de signe, ce dernier présentant, en effet, un point critique *inférieur*.

4° Les variations de volume qui accompagnent la séparation en deux couches ont été observées pour chaque couple, en enfermant dans un dilatomètre (volume intérieur 20^{cm^3}, diamètre du capillaire $0^{mm},8$) un mélange de composition critique ou très rapprochée, et en traçant la courbe : volume-température, soit au refroidissement, soit à l'échauffement. On constate au cours du refroidissement des mélanges homogènes aniline-cyclohexane et hexane-nitrobenzène que la démixtion est accompagnée d'une contraction extrêmement faible pour le premier couple et d'une dilatation sensible pour le second. D'autre part, pour le mélange homogène triéthylamine-eau la séparation en deux couches, observable par élévation de température, se manifeste par une forte dilatation.

([2]) TIMMERMANS, *Journ. Chim. Phys.*, 20, 1923, p. 491.

Une étude toute semblable a été effectuée au dilatomètre avec des solutions aqueuses de nitrate de potassium et de chlorure d'ammonium, toutes deux assez voisines de la saturation. Au cours de leur refroidissement, la cristallisation débute au point de saturation et est accompagnée pour chacune d'elles d'un sensible dégagement de chaleur, en même temps que s'accusent, pour le nitrate une augmentation de volume et pour le chlorure une contraction. On sait, par ailleurs, qu'un accroissement de pression provoque une augmentation de la solubilité du nitrate de potassium et un abaissement pour le chlorure d'ammonium.

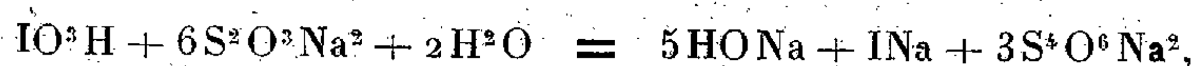
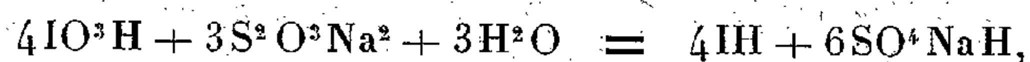
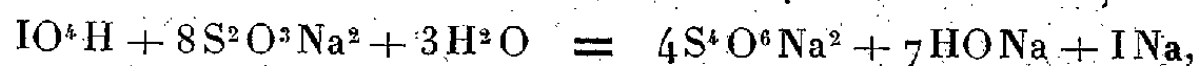
Ces divers résultats peuvent être rassemblés dans le tableau suivant :

Système......	NO^3K-H^2O.	NH^4Cl-H^2O.	Aniline-Cyclohexane	*n*-Hexane-Nitrobenzène.	Triéthylamine-Eau.
Miscibilité accompagnée de	Contraction	Dilatation	Dilatation	Contraction	Contraction
Pour $\Delta p > 0$ la miscibilité....	↗	↘	↘	↗	↗
Miscibilité accompagnée de	Absorption de chaleur	Absorption	Absorption	Absorption	Dégagement de chaleur
Pour $\Delta t > 0$ la miscibilité....	↗	↗	↗	↗	↘

L'examen de ce tableau montre immédiatement l'accord entre les faits observés pour les trois couples étudiés et la loi de Le Chatelier, la miscibilité s'accroissant sous l'influence de la pression lorqu'elle s'accompagne d'une contraction, et diminuant, au contraire, dans le cas d'une augmentation de volume. C'est ainsi que le couple *n*-hexane-nitrobenzène s'apparente à ce point de vue au système $NO^3K—H^2O$ et le couple aniline-cyclohexane au système $NH^4Cl—H^2O$. L'application de la loi de Van't Hoff à ces mêmes couples n'est pas moins satisfaisante, leur miscibilité réciproque croissant avec la température lorsqu'elles correspondent à une absorption de chaleur, et diminuant pour un dégagement. Un cas particulièrement remarquable est celui du couple triéthylamine-eau, qui possède un point critique inférieur, c'est-à-dire tel qu'une élévation de température diminue la solubilité réciproque, conformément aux exigences de la loi de Van't Hoff, l'effet thermique du mélange correspondant à de la chaleur *dégagée*.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action comparée de l'iodate de potassium et du periodate de potassium sur le thiosulfate de sodium en milieu faiblement acide.* Note de MM. **Émile Carrière** et **Maurice Delpla**, présentée par M. Robert Lespieau.

Les essais ont été effectués sur des volumes donnés de solutions aqueuses d'iodate de potassium IO^3K et de periodate de potassium IO^4K présentant la même concentration de 0,01112 mol gr/litre. Les solutions sont acidifiées convenablement au moyen d'acide chlorhydrique normal. Le thiosulfate de sodium se transforme par une oxydation légère en tétrathionate de sodium et par une oxydation plus profonde en sulfate acide de sodium. Il se prête bien à l'étude de l'action oxydante comparée de l'iodate et du periodate de potassium. Les réactions de l'iodate et du periodate de potassium en solution acide sont représentées schématiquement par les équations


$$IO^3H + 6S^2O^3Na^2 + 2H^2O = 5HONa + INa + 3S^4O^6Na^2,$$

$$4IO^3H + 3S^2O^3Na^2 + 3H^2O = 4IH + 6SO^4NaH,$$

$$IO^4H + 8S^2O^3Na^2 + 3H^2O = 4S^4O^6Na^2 + 7HONa + INa,$$

$$IO^4H + S^2O^3Na^2 + H^2O = 2SO^4NaH + IH.$$

L'oxydation du thiosulfate de sodium est suivie en dosant soit le sulfate acide de sodium créé, soit l'acidité ou l'alcalinité développée conformément à la méthode employée par Carrière et Julliard ([1]). L'addition de thiosulfate de sodium N/10 est poursuivie jusqu'à la disparition exacte de l'iode libéré au cours de la réaction. L'introduction du thiosulfate de sodium doit être réalisée régulièrement en 1 minute et demie environ; on n'observe pas dans ces conditions de louche dû au soufre. L'influence des principaux facteurs de l'oxydation a été recherchée. L'étude comparée des propriétés oxydantes de l'acide iodique et de l'acide periodique à l'égard du thiosulfate de sodium, met en évidence que le mécanisme de l'oxydation semble différent pour les deux acides. L'oxydation du thiosulfate de sodium par l'acide iodique est fortement influencée par la concentration en ion hydrogène, cette concentration a peu d'influence sur l'oxydation par l'acide periodique. Nous donnons, en fonction de la concentration en acide chlorhydrique employée, les pour 100 de l'iodate et du

---

([1]) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1133.

periodate de potassium utilisés pour la transformation du thiosulfate en acide de sodium :

Acidité chlorhydrique employée	0,07 N	0,2 N
Pour 100 de l'iodate de potassium utilisé pour l'oxydation en sulfate acide	11,8	55
Pour 100 du periodate de potassium utilisé pour l'oxydation en sulfate acide	21,9	28,5

Pour une acidité chlorhydrique 0,07N le periodate de potassium est plus oxydant que l'iodate de potassium; pour une acidité chlorhydrique 0,2N c'est l'inverse.

En relation avec l'action de la concentration en ion hydrogène, on constate que la dilution fait sentir plus fortement son influence sur l'oxydation du thiosulfate de sodium par l'acide iodique que sur l'oxydation par l'acide periodique.

La température a aussi un effet un peu plus marqué sur l'action oxydante de l'acide iodique que sur l'action oxydante de l'acide periodique.

Nous donnons, en fonction de la température, les pour 100 d'iodate et de periodate de potassium utilisés pour la transformation du thiosulfate de de sodium en sulfate acide de sodium :

Acidité chlorhydrique employée	0,073	0,073	0,166	0,166	0,166
Température	21°	36°	19°,2	31°	40°
Pour 100 de l'iodate de potassium utilisé pour l'oxydation en sulfate acide	16,6	46,8	–	–	–
Pour 100 du periodate de potassium utilisé pour l'oxydation en sulfate acide	–	–	22,1	33,9	56,7

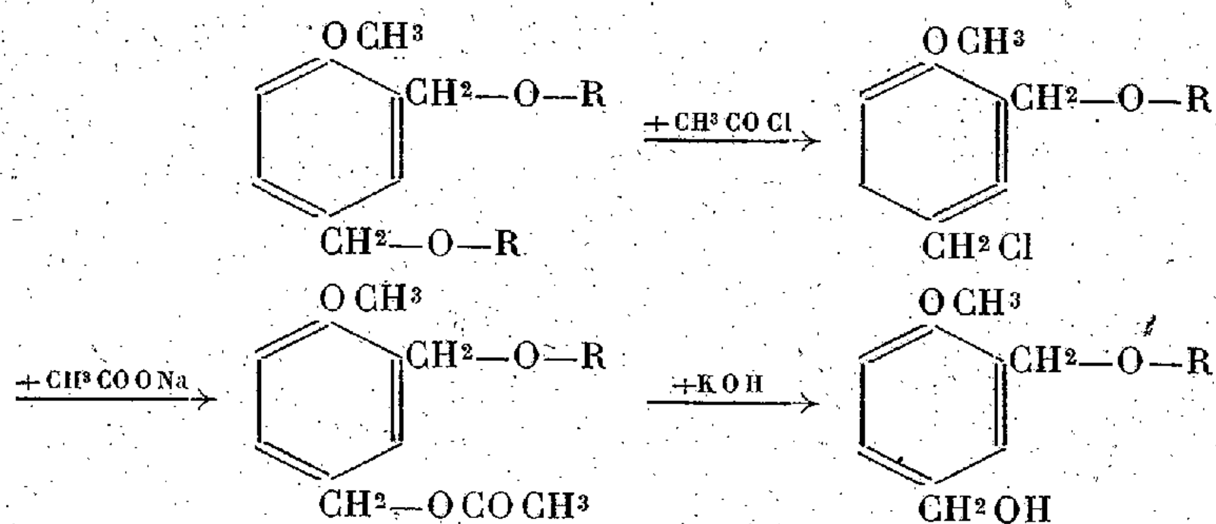
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des monoéthers-oxydes du diméthylol-2.4-anisol.* Note de M. **Maurice Anglade**, présentée par M. Marcel Delépine.

En traitant le dérivé dichlorométhylé de l'anisol par les alcoolates alcalins pris en quantité suffisante on obtient avec d'excellents rendements les diéthers-oxydes du diméthylol-2.4-anisol ([1]). La réaction est très vive et la transformation presque instantanée, évolue vers la formation du diéther même lorsqu'on opère en présence d'une quantité limitée

([1]) R. Quelet et M. Anglade, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 262.

d'alcoolate. En versant peu à peu dans le dérivé dichloré la quantité convenable d'alcoolate, je n'ai obtenu que le diéther-oxyde à côté de dichlorure non transformé.

Pour préparer les monoéthers-oxydes, j'ai eu recours à la méthode préconisée par R. Quelet (2) pour l'obtention des monoéthers-oxydes du paraxylylèneglycol. Une molécule-gramme de diéther-oxyde est traitée par une molécule de chlorure d'acétyle en présence d'une trace de chlorure de zinc. Il y a coupure d'une seule fonction éther-oxyde et substitution de Cl au radical alcoxyle. Le chlorure ainsi obtenu conduit, par acétylation et saponification, au produit cherché.



Dans 70g d'éther-oxyde diméthylique du diméthyl-2.4 anisol en dissolution dans 150cm³ d'éther de pétrole, on introduit un fragment de chlorure de zinc (0g,5 environ) et l'on ajoute goutte à goutte 28g de chlorure d'acétyle. Lorsque la réaction est terminée on lave à l'eau et l'on traite par l'acétate de sodium en solution acétique. On élimine ensuite l'acide acétique et l'acétate de sodium en excès par l'eau et l'on saponifie par agitation à froid avec une solution hydroalcoolique de potasse à 20 pour 100. Le produit, fractionné par distillation sous pression réduite, fournit 18g de diéther-oxyde n'ayant pas réagi et 29g de monoéther-oxyde méthylique du diméthylol-2.4 anisol $C^{10}H^{14}O^3$. (Rendement 45 pour 100.)

Ce dernier est un liquide incolore présentant les constantes suivantes :

$$Eb_5\ 141^\circ \qquad n_D^{21,5}\ 1,535 \qquad d_4^{21,5}\ 1,135.$$

Il donne une phényluréthane cristallisant dans un mélange d'alcool et d'eau en aiguilles, F. 73°,5.

Les mêmes transformations, effectuées avec l'éther diéthylique, per-

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 230.

mettent d'obtenir, avec un rendement de 35 pour 100, un éther monoéthylique $C^{11}H^{16}O^3$, liquide,

$$Eb_4\ 142^\circ \quad n_D^{20,5}\ 1,528 \quad d_4^{20,5}\ 1,099;$$

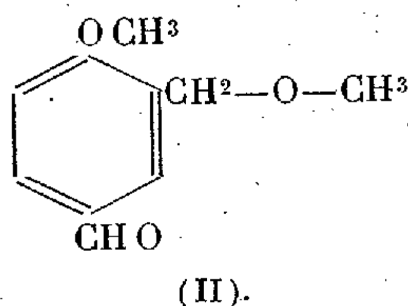
phényluréthane, aiguilles, F. 58°,5.

Afin de fixer la constitution des monoéthers-oxydes ainsi obtenus, j'ai préparé les aldéhydes correspondants. Dans ce but, les chlorures provenant de l'action du chlorure d'acétyle sur les éthers diméthylique et diéthylique ont été traités par l'hexaméthylène tétramine suivant la technique de Sommelet.

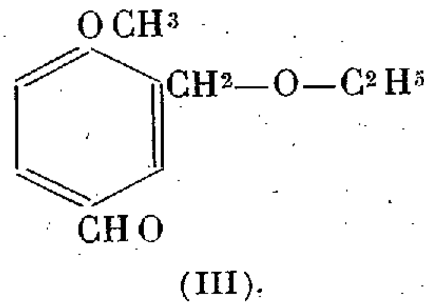
A partir de l'éther diméthylique on obtient un aldéhyde $C^{10}H^{12}O^3$, F. 35°, Eb_{15}. 164°-165°, semicarbazone F. 150°.

L'éther diéthylique conduit à l'aldéhyde $C^{11}H^{14}O^3$, liquide, Eb_{15}. 175°, semicarbazone, F. 141°.

Ces aldéhydes sont identiques à ceux décrits par R. Quelet et J. Allard [3] et obtenus par action du méthylate et de l'éthylate de sodium sur le dérivé chlorométhylé de l'aldéhyde anisique. Le premier est le méthoxy-2 méthylal-5 (α-méthoxy) toluène (II) et le second est constitué par le méthoxy-2 méthylal-5 (α-éthoxy) toluène (III).



(II).



(III).

Donc, lors de l'action d'une molécule de chlorure d'acétyle sur une molécule d'un diéther-oxyde du diméthylol-2.4 anisol, il y a élimination du radical alcoxyle situé en para par rapport à la fonction éther-oxyde phénolique. Par suite les monoéthers-oxydes décrits précédemment répondent à la formule (I). Ils sont constitués respectivement le premier par le méthoxy-2 méthylol-5 (α-méthoxy) toluène, le second, par le méthoxy-2 méthylol-5 (α-éthoxy) toluène.

---

(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 238.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Une méthode de mesure du potentiel périodique interne des cristaux.* Note (¹) de M. **Antoine Hautot**, présentée par M. Charles Fabry.

Au sein d'un cristal, le potentiel est une fonction triplement périodique dont les périodes sont les dimensions de la maille élémentaire du cristal. Dans le cas d'un cristal appartenant au système cubique, la série n'admet plus qu'une seule période d et s'écrit

$$V = V_0 + \Sigma_{\alpha\beta\gamma} V_{\alpha\beta\gamma} e^{-\frac{2\pi i}{d}(\alpha x + \beta y + \gamma z)}, \tag{1}$$

α, β, γ étant des nombres entiers.

Le terme V_0 représente le potentiel moyen du cristal; il est relié à l'indice de réfraction n d'un cristal pour une onde électronique d'énergie E par la relation

$$n = \sqrt{1 + \frac{V_0}{E}}; \tag{2}$$

il a pu être mesuré pour de nombreux cristaux en utilisant la diffraction des électrons lents.

Mais on ne possède pas encore de mesures des termes ultérieurs $V_{\alpha\beta\gamma}$ du développement de Fourier; ces termes mesurent les fluctuations du potentiel à l'intérieur du cristal.

Un travail théorique de Kikuchi (²) donne le principe d'une méthode de mesure de ces coefficients; cet auteur établit en effet une relation simple entre la valeur de ces coefficients et la largeur des anneaux de diffraction électronique obtenus en envoyant des électrons rapides sur le cristal; cette relation s'écrit

$$V_{\alpha\beta\gamma} = 2E\theta\,\Delta\theta, \tag{3}$$

où E est l'énergie des électrons, θ l'angle de Bragg relatif au plan considéré du cristal et $\Delta\theta$ la largeur angulaire de l'anneau de diffraction correspondant; cette formule permet la mesure des coefficients $V_{\alpha\beta\gamma}$, celle-ci étant ramenée à la mesure des largeurs des anneaux de diffraction.

L'auteur a mis au point une méthode de mesure; voici quelques indications concernant la technique employée, qui sera décrite ultérieurement de manière plus détaillée.

(¹) Séance du 29 novembre 1937.

(²) *Scient. Pap. Inst. Phys. Chem. Res.*, 26, 1935, p. 225.

Les anneaux de diffraction étant généralement très fins, il importe, si l'on veut obtenir une mesure acceptable de leur largeur, d'éliminer toutes les causes parasites susceptibles d'en produire un élargissement (en dehors de l'élargissement propre dû aux fluctuations mêmes du potentiel interne); ceci a conduit aux réalisations expérimentales suivantes :

a. réalisation d'un faisceau incident d'électrons strictement parallèle et extrêmement fin, obtenu en canalisant les électrons au moyen d'un collimateur long (12^{cm}) pourvu de diaphragmes très fins (quelques centièmes de millimètre);

b. obtention d'un faisceau d'électrons monocinétiques, la variation de tension restant inférieure à 2 pour 1000 dans les conditions expérimentales utilisées;

c. élimination aussi complète que possible de tous les champs magnétiques dus à l'appareillage électrique ordinairement utilisé pour l'obtention du vide et des tensions requises par le fonctionnement de l'analyseur électronique. Car, étant donnée l'extrême finesse du faisceau électronique utilisé, on pouvait mettre en évidence l'action perturbatrice de champs magnétiques dus à des appareils électriques se trouvant à des distances considérables de l'analyseur électronique.

Dans ces conditions, le faisceau électronique incident était extrêmement fin, sa section étant de l'ordre de $0^{mm^2},01$.

L'auteur a pu photographier ainsi, à des tensions comprises entre 21 et 46 kilovolts, les diagrammes de diffraction électronique fournis par deux métaux : le nickel et l'or, et par deux corps semi-conducteurs : le graphite et l'oxyde de cuivre.

Les deux métaux donnent des anneaux extrêmement fins, à peine plus larges que le faisceau incident. La mesure de leur largeur est donc assez malaisée et l'on ne peut guère en donner que l'ordre de grandeur, les erreurs de mesures étant assez élevées.

Néanmoins, en reportant ces mesures dans la formule (3), on obtient l'ordre de grandeur des termes $V_{\alpha\beta\gamma}$ mesurant les fluctuations du potentiel. Les valeurs obtenues sont écrites ci-après, dans l'ordre des grandeurs croissantes; on y a joint les valeurs théoriques calculées par la méthode de Thomas-Fermi (³) pour Ag et par Bethe (⁴) pour Ni :

(³) Cf. par exemple H. FRÖHLICH, *Elektronentheorie der Metalle*, p. 365.

(⁴) *Ann. der Phys.*, 87, 1928, p. 55.

	V_{111}.	V_{200}.	V_{220}.	V_{311}.
Ni	$-0^v,17$	$-0^v,15$	$-0^v,30$	$-0^v,35$ ($\pm 0^v,15$)
Au	$-0^v,24$	$-0^v,20$	$-0^v,22$	$-0^v,26$ ($\pm 0^v,12$)
Cu^2O	$-0^v,43$	$-0^v,42$	$-0^v,60$	$-0^v,69$ ($\pm 0^v,15$)

	V_{100}.	V_{110}.
Graphite	$-1^v,76 \pm 0^v,2$	$-0^v,06$

	V_{111}.	V_{200}.
Ag cal	-17^v	-14^v

	V_{111}.	V_{200}.	V_{220}.	V_{311}.
Ni cal	$-13^v,4$	$-12^v,6$	$-9^v,5$	$-7^v,5$

Les nombres calculés sont, pour les métaux, environ cent fois plus élevés que ceux qui résultent des mesures précédentes.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations de la chaîne du Sénégal oriental avec les plateaux mauritanien et soudanais.* Note [1] de MM. **Fernand Jacquet** et **Maurice Nicklès** [2].

H. Hubert [3] trace les contours d'une série de « schistes et quartzites redressés », qui constitue précisément notre chaîne du Sénégal oriental; il figure les plateaux mauritanien et soudanais en « grès siliceux horizontaux » considérés comme discordants sur les formations précédentes. R. Furon [4] découvre ensuite dans l'Est du Soudan un conglomérat qu'il attribue à la base de cette série gréseuse horizontale. Ayant vu ce même conglomérat dans la région de Kayes, L. Baud [5] le place d'abord en concordance sur les *schistes micacés* et les *grès quartzites* dits horizontaux, puis, moins affirmatif [6], il suppose une érosion des grès quartzites avant le dépôt du conglomérat.

---

(1) Séance du 29 novembre 1937.

(2) Les bases de cette Note ont été jetées en décembre 1936 après des recherches en commun sur le terrain : elle a été rédigée par M. Nicklès après la disparition tragique de son collègue Fernand Jacquet, tué en Mauritanie l'été dernier et cité ces temps-ci par le Gouvernement à l'ordre de la Nation.

(3) Carte géologique au 1/1000000e, feuille V : *Dakar*, Paris, 1920.

(4) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 56.

(5) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 172.

(6) *Comptes rendus som. Soc. géol. Fr.*, 20 novembre, 1933, p. 215.

Nos observations permettent de définir les individualités suivantes :

Série plissée et métamorphique. — C'est la série ancienne qui, très étendue en Afrique occidentale, y présente les aspects les plus divers; nous l'avons suivie du Sud-Est du Sénégal à la hauteur de Bir Oum Ghrein jusqu'en Mauritanie. Recoupée par de nombreux filons de quartz, elle comporte au Sénégal oriental des quartzites verts massifs, alternant souvent avec des niveaux schisteux micacés, des micaschistes, schistes séricíteux, schistes à oligiste et quartzites jaspoïdes.

Série plissée. — Cambrien (?) ou Cambro-Ordovicien, série inférieure. Transgressive sur la série ancienne, nous la connaissons sur une distance de plus de 1200^{km}, de la Guinée portugaise à la Kédiat Ijil. Ses pendages atteignent rarement 45° dans le Sud du Sénégal; ses plissements s'accentuent dans la région de Kidira, s'atténuant rapidement vers le Nord et surtout vers l'Est.

Cette série débute par un conglomérat de nature variable, très sporadique (Kédiat Ijil, Dhar inférieur de l'Adrar, cours de la Gambie). En Mauritanie, elle comporte un complexe de grès, schistes et calcaires; à l'extrême Sud, elle est surtout gréseuse. Dans le Sénégal oriental, on peut distinguer deux horizons : les schistes de la Falémé, surmontés par les grès du Boundou; les passages latéraux étant fréquents, cette distinction n'a peut-être pas une valeur stratigraphique absolue.

Les schistes de la Falémé comprennent des niveaux de schistes francs, écailleux ou esquilleux, alternés avec des niveaux durs silicifiés et avec des niveaux gréseux à grain très fin.

Les grès du Boundou sont représentés par des grès quartziteux (Boundou septentrional) ou feldspathiques (Sud du Sénégal, Guinée), souvent recoupés par des filonnets de quartz; des horizons de jaspes rouges ou bleus forment dans le Boundou des collines bien distinctes et semblent localisés au sommet de la série.

Série subhorizontale. — Cambro-Ordovicien, série supérieure. Discordante sur la série plissée, elle débute par un conglomérat fréquemment surmonté de dolomie. Très important au Soudan où L. Baud l'a étudié, ce conglomérat est localisé vers le Sud, discontinu dans le Boundou et mieux représenté en Mauritanie (Assaba, Affolé, Adrar). Puis viennent les étages supérieurs également définis par cet auteur : étage 3 « schistes et jaspes » que l'on retrouve en Mauritanie avec des faciès un peu différents mais qui fait défaut dans le Sud du Soudan et du Sénégal où l'étage 4 « grès supérieurs » repose en discordance soit sur la série plissée, soit sur la série

ancienne. Ces grès recouvrent toute une partie du Soudan (SW), de la Guinée (Fouta-Djallon) et de la Mauritanie (Affolé, Assaba, Tagant, Adrar). Des venues doléritiques les ont affectés, ayant parfois une action métamorphique (cornes du massif de Mali).

On sait que la série subhorizontale est surmontée en concordance par les schistes gothlandiens en Guinée (Télimélé) et en Mauritanie (Tamga, Affolé, etc.) ([7]).

L'étude de la chaîne du Sénégal oriental, entreprise par F. Jacquet en 1934, l'avait amené à l'hypothèse d'un passage latéral, avec métamorphisme décroissant, des formations plissées aux formations subhorizontales. Admissible dans le Boundou où les passages lithologiques semblent fréquents d'une série à une autre, cette hypothèse n'a pu résister à l'étude des régions situées plus au Nord et plus au Sud, où les ensembles précédemment décrits présentent des caractères plus nettement différenciés. Le problème repris sur le terrain en 1936 nous conduit à distinguer les phases suivantes :

1° Dépôt de la série ancienne; plissement intense de toute la chaîne; métamorphisme régional ou général.

2° Dépôt des schistes et grès de la série plissée; nouvelle phase de plissement, intense dans le Boundou, décroissant vers le Nord et vers le Sud; probablement métamorphisme régional affectant à nouveau une partie de la série ancienne.

3° Transgression; dépôt de la série subhorizontale et intrusions importantes de dolérites.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution tectonique du Rif oriental français.* Note ([1]) de M. **Jean Marçais**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai décrit et figuré ([2]) les éléments paléogéographiques et structuraux de la région au Nord de Taza et de Guercif. J'apporterai ici quelques précisions nouvelles sur la constitution tectonique de ce pays, qui correspond au Rif oriental français.

L'étude du chevauchement marginal du bourrelet prérifain sur son avant-pays

---

([7]) F. Jacquet et Th. Monod, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 908.

([1]) Séance du 29 novembre 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2003.

montre la présence assez constante à la base de la série charriée de Crétacé marneux et de Trias gyso-salin, avec une brèche de friction à éléments parfois énormes de Paléozoïque (Koudiat el Abiod, 20^{km} à l'Ouest de Taza), sans doute arrachés au substratum pendant le cheminement. Le dessin sinueux de l'arc du contact, suivi sur plus de 100^{km}, prouve l'extension et l'importance du déplacement. Sans étendre à l'Ouest ces interprétations, notons néanmoins la continuité avec le contact indiqué par F. Daguin comme limite de sa *nappe du Sebou* et figuré comme chevauchement marginal par J. Lacoste ([3]).

Le Prérif lui-même est très plissé avec des écailles imbriquées, dont le Crétacé injecté de Trias forme la base. Dans la région externe, le Jurassique apparaît surtout à l'état de débris tectoniques à la base des écailles, comme je l'ai constaté avec M. Daguin vers l'Ouest et seul plus à l'Est. Ces esquilles revêtent tantôt (vers le Sud) un faciès moyen atlasique (lambeaux arrachés au substratum autochtone?), tantôt un faciès rifain (reste de l'armature jurassique du Prérif).

Ainsi tout se passe dans le Prérif oriental comme si au moins le bord sud de la couverture secondaire s'était détaché du socle au niveau de Trias et était venu se mouler sur l'avant-pays et le recouvrir largement, se fronçant dans son ensemble et abandonnant en partie au cours de son déplacement son armature rigide (Jurassique et Trias supérieur) en retard tectonique dans le Nord.

La limite entre la zone schisteuse et le bord nord du sillon prérifain est malaisée à définir parce qu'elle semble s'être déplacée pendant la sédimentation pour des raisons tectoniques. Des débris d'un calcaire très néritique du Jurassique supérieur jalonnent ce contact depuis Beni Ftah jusqu'à Tizeroutine et plus loin au Nord-Est. Ce sont peut-être les restes brisés d'une cordillère qui aurait à cette époque séparé les sillons.

La série marno-schisteuse rifaine, plus épaisse que la série prérifaine, présente, surtout dans sa partie externe, des phénomènes intenses d'injection de masses gypso-salines, sans doute pour des raisons de répartition géographique des faciès du Trias. Fortement plissée, elle a débordé sur le bord nord du sillon prérifain et le contact montre que les éléments anté-triasiques ne sont pas intervenus d'une façon active dans ce chevauchement. Dans une zone plus interne, la série schisteuse présente deux sortes d'accidents tangentiels : des rides calcaires (Azrou Akchar), comparables à celles du Rif méridional et des écailles importantes témoignant de charriages plats. La région de Tainest montre ainsi une série de schistes et de calcaires surtout liasiques et jurassiques avec du Trias et une masse de granite à la base, chevauchant le flysch crétacé et tertiaire sur plus de 10^{km}. Les terrains post-burdigaliens paraissent plissés, mais non recouverts. Dans la région de Boured et du Baio, des éléments plus anciens, granite, schistes à *Annularia* (Houiller probable pour M. P. Bertrand), calcaires primaires, Trias, Jurassique, reposent également sur le flysch crétacé et tertiaire.

([3]) F. Daguin, *Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine* (*Maroc occidental*) (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc, Notes et Mémoires*, n° 1, *et Thèses Sciences*, Paris, 1927); J. Lacoste, *II*^{e} *Congrès mondial du Pétrole*, Paris, 1937.

A l'Est, le Khebaba, « copeau » de Paléozoïque, perce et recouvre le Crétacé supérieur.

Enfin plus au Nord la série schisteuse s'écrase (Haut N'Kor), puis s'enfonce sous le bord sud du massif calcaire des Boccoyas ([1]).

Dans l'ensemble il s'agit, surtout en zone française, d'une tectonique de couverture, et le Trias, même dans la zone interne, où il est moins développé sous son faciès lagunaire, joue un rôle comme niveau de rupture. Le comportement du socle anté-triasique est divers : tantôt en écailles brisantes (Khebaba) indépendantes de la couverture, tantôt en masses liées tectoniquement à cette couverture secondaire (Tainest, Tizra, Tichemlaline), il ne se montre que sous la forme d'éléments superficiels de l'écorce du tréfonds, et les grosses masses de cristallin n'affleurent pas.

Ainsi, du Sud vers le Nord, du Moyen Atlas à la Méditerranée, sur la transversale de Taza, le Prérif d'abord, la série schisteuse, ensuite les Boccoyas enfin, apparaissent comme des unités fortement plissées, le bord sud de l'une chevauchant le bord nord de l'autre, et les recouvrements importants se manifestent à l'intérieur même de chaque unité, avec le jeu complexe des diapyrs et des dysharmonies décrit plus à l'Ouest.

Par sa constitution stratigraphique autant que par son style tectonique, le Rif oriental diffère de son avant-pays : du Trias au Miocène l'histoire de la sédimentation est différente dans les deux pays et l'on ne retrouve pas vers le Sud les rivages des mers rifaines du Jurassique supérieur du Crétacé et du Nummulitique.

Dans leur ensemble, les plis du Rif oriental se présentent comme des vagues venues du Nord déferler sur la côte africaine, côte découpée en baies exposées au Nord-Ouest, de l'embouchure de la Moulouya à Msoun, et continuée vers l'Ouest par le rivage miocène du Moyen Atlas.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des terrains secondaires de la Lorraine.* Note ([1]) de MM. **Albert Robaux** et **Marc Bernatzky**, présentée par M. Charles Jacob.

MM. Nicklès, Villain, Joly et Corroy ont déjà insisté sur la structure de l'*anticlinal guide* de Pont-à-Mousson et tracé les plis posthumes, supposés

([1]) M. Blumenthal, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1669.

([1]) Séance du 29 novembre 1937.

tertiaires, qui affectent la série secondaire de la bordure orientale du Bassin de Paris.

L'analyse des résultats de plus de 500 forages nous permet d'abord d'apporter de nouvelles précisions sur les axes ou accidents tectoniques de la Lorraine et sur leurs raccords avec ceux du Paléozoïque; ensuite de

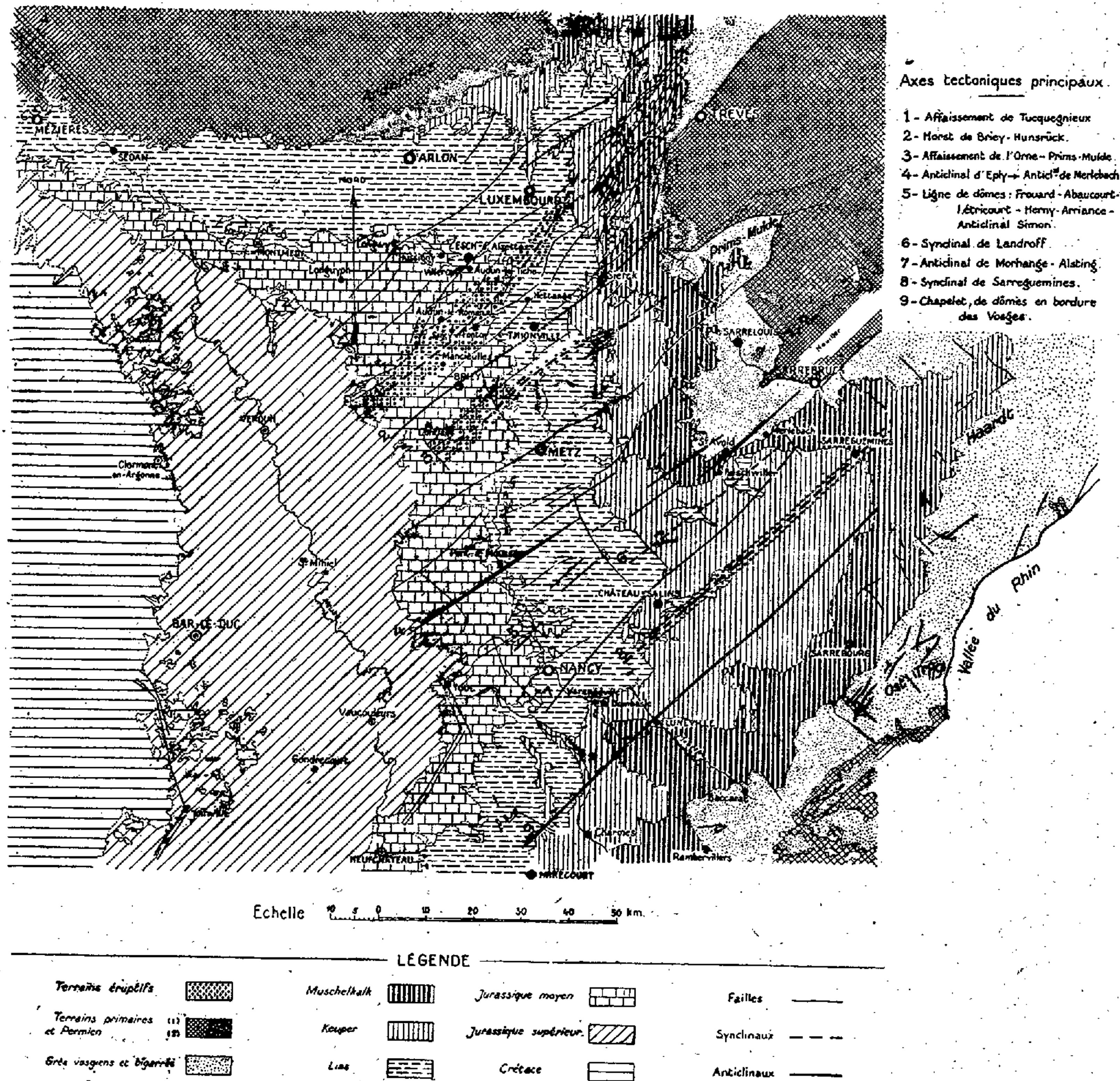


Schéma géologique et tectonique de la Lorraine.

souligner l'existence de zones dont les caractères stratigraphiques sont en étroite relation avec les unités ainsi définies.

Le schéma ci-dessus situe les axes et indique par un pointillé grossier

des compartiments qui sont à la fois déprimés au point de vue tectonique et caractérisés par une série sédimentaire d'épaisseur anormale.

I. La zone de Tucquegnieux-Luxembourg apparaît comme un compartiment affaissé plutôt qu'un synclinal. Elle est comprise entre deux systèmes de failles qui sans aucune exception abaissent les assises vers son axe. Le Trias, le Lias et le Dogger offrent leur maximum de puissance au fond de ce faible *Graben*.

II. Le horst de Briey-Thionville-Sierk-Hunsrück est séparé de la dépression précitée par la faille d'avril (80^{m} de rejet) qui se perd dans le système de failles de Trèves à la bordure Nord du Hunsrück. Il est localement affecté par la faille d'Hayange qui détermine une zone affaissée selon son axe. Les failles de Moyeuvre-Thionville-bordure Sud du Hunsrück s'ordonnent parallèlement aux précédentes délimitant le Sud de ce compartiment qui apparaît dans le Secondaire comme le prolongement atténué du horst paléozoïque du Hunsrück. Sauf dans la zone effondrée de Hayange, la puissance des terrains secondaires passe par un minimum (1/3 ou 1/2 de leur moyenne) dans ce compartiment surélevé.

III. L'affaissement Orne-*Prims-Mulde* est le symétrique de celui de Tucquegnieux. Son axe, vers lequel regardent toutes les failles qui le bordent, montre à nouveau des terrains secondaires plus épais.

IV. Le horst Metz-anticlinal d'Éply-Sarre est mis en évidence par la faille de Metz connue sur plus de 150^{km}. Il prolonge la zone permienne éruptive du Nord de la Sarre dont les assises sont surélevées par rapport aux grès werféniens effondrés de la Prims-Mulde.

En Lorraine comme en Sarre, le Permien se relève et dessine l'anticlinal d'Éply-Pont-à-Mousson. A nouveau, ce compartiment en relief comporte une série secondaire dont la puissance, réduite, passe par un minimum selon l'axe du pli.

V. Les autres accidents : synclinal de Landroff, anticlinal de Morhange, synclinal de Sarreguemines, correspondent à un régime de plis de dômes et de cuvettes très atténués qu'on trouve entre le Sud-Est de l'anticlinal d'Éply et la bordure des Vosges. Le synclinal de Sarreguemines correspond encore une fois à un maximum de puissance des couches.

En résumé, les zones surélevées ou abaissées du Secondaire prolongent en plan et épousent par leurs dislocations des anticlinaux ou des horsts du Paléozoïque. Cette coïncidence s'accompagne de variations dans la série secondaire, chaque unité s'opposant à sa voisine par ses caractères stratigraphiques.

GÉOLOGIE. — *Le Robinet de Donzère; ses relations avec la physiographie et la séismicité du Tricastin (Drôme).* Note de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Charles Jacob.

Invité par l'abbé Louis Boisse, auteur d'une monographie des séismes du Tricastin ([1]), à étendre à cette région mon étude de séismo-tectonique ([2]), les trois accidents suivants fixèrent plus particulièrement mon attention.

1° *Faille d'Argelas.* — C'est la chute brusque, à l'Ouest de Roussas, du faisceau anticlinal urgonien qui, de Viviers et de Donzère, va, vers l'Est-Sud-Est, s'ennoyer avec ce qui reste de sa couverture d'Aptien et d'Albien, sous l'Oligo-miocène de Clansayes et de Chantemerle.

Sur le front Est des pics 386 et 395, l'Urgonien descend, par faille Nord-Sud, à la côte 200; il s'agit de failles en gradins dont l'une, comprise entre les fermes Lucas et Deloulle, m'a permis de voir sous l'Oligocène, un affleurement d'Urgonien, à miroir de friction, criblé de perforations de lithophages. L'accident est donc ici *anté-oligocène.*

2° *Col des Mattes.* — On nomme ainsi le col boisé ouvert entre la serre des pics 386, 395 et le pic de Montchamp. On a, vraisemblablement là, un ancien pertuis qui est devenu col par apport dans sa partie axiale transverse de déjections rocailleuses en provenance des versants latéraux. La carte géologique n'en fait pas état, et cependant ces dépôts s'étalent sur 2^{km} de longueur et atteignent au col la cote 140, soit 20^{m} d'altitude de plus que celle des galets alpins des terrasses des Trappistines et de Donzère. Pour le lecteur de la carte, où les poudingues de ces terrasses, constitués par des quartzites avec de rares galets calcaires impressionnés, sont figurés en continuité sous la notation p^{1b}, il n'y a pas de doute que le transport de ces galets se faisait par le pertuis des Mattes. Je crois qu'il en était bien ainsi au Pliocène supérieur. Je n'ai remarqué sur les flancs de la trouée aucun dépôt post-crétacé antérieur à celui des quartzites et aucune trace d'érosion fluviale. Si j'en juge par le plongement vers l'Est des strates du pic 395, on aurait là une cassure en V, par chute du voussoir portant ce pic vers la fosse oligo-miocène. Il s'agirait donc d'un accident tectonique *post-miocène.*

([1]) *Les tremblements de terre dans la Drôme et spécialement dans le Tricastin*, 32 pages, Nogent-le-Rotrou, 1936.

([2]) Octave Mengel, *Bur. Cent. séismol. Int.*, Strasbourg, série B, Monographies, fasc. 3, 74 pages, Toulouse, 1929.

3° *Robinet de Donzère.* — Il est admis, avec raison, que la cluse ainsi dénommée est le résultat d'une faille. Mais ici encore c'est une faille double. Les falaises entre lesquelles coule le Rhône présentent les traces d'un creusement progressif d'une trentaine de mètres. Je n'ai pas vu de témoins d'un passage *pliocène* de galets alpins. Par contre, j'ai trouvé au-dessus de la falaise de la rive gauche, à la cote 175, au T du mot Terras, soit à près de 120 mètres au-dessus du Rhône, une traînée de ces galets quartzeux reposant sur des calcaires vacuolaires criblés de cavités laissées par dissolution de Cérithes (Miocène de la Carte).

Quoi qu'il en soit, l'ouverture du Robinet de Donzère — probablement synchronique des manifestations volcaniques de Rochemaure et de l'extrusion du rocher de Pierrelatte, si curieux par ses miroirs de friction — a vidé la dépression de Montélimar d'une partie des quartzites qui s'y étaient accumulés au cours du lent effondrement relatif qui l'avait provoquée à la fin du Miocène avec accentuation au début de l'Astien. C'est ainsi que s'expliqueraient, d'une part, la présence de galets à la cote 175, ainsi que les terrasses de la cote 120 et aussi la formation de la plaine alluvionnaire, inclinée de Montélimar au Teil, au fur et à mesure du creusement de 30 mètres, au début du Quaternaire, du seuil du Robinet.

En résumé, le promontoire urgo-aptien qui sépare les deux dépressions jumelles de Montélimar et de Pierrelate aurait subi un mouvement basculaire vers l'Est, propagé d'Est à Ouest, en trois temps : le premier antéoligocène, le second post-oligocène et le troisième pléistocène.

C'est à la persistance de la tendance au plongement de ce voussoir vers l'Est que seraient dus les séismes qui agitent le Tricastin, précisément dans la région *faillée en profondeur* de Roussas-Valaurie, que la monographie de l'abbé Boisse décèle comme aire épicentrale.

ENTOMOLOGIE. — *Modifications du rythme des battements cardiaques chez les larves du* Doryphora (Leptinotarsa decemlineata *Say.*) *suivant les* Solanum *dont elles se nourrissent.* Note [1] de MM. **B. Trouvelot** et **G. Busnel.**

Au cours de nos recherches sur les facteurs de la résistance de certains hybrides de *Solanum* à l'attaque du Doryphora, nous avons signalé que les

---

[1] Séance du 22 novembre 1937.

larves de cet insecte qui consomment les feuilles du *S. demissum* présentent divers caractères de comportement laissant supposer que cette plante résiste à leur attaque en raison d'un principe localisé dans la feuille et toxique pour l'insecte (²). Certains poisons organiques agissant sur le rythme des mouvements du cœur, il était intéressant d'examiner ces derniers.

Les battements du vaisseau dorsal des larves furent observés au binoculaire. Comme leur fréquence varie beaucoup avec la température, pour éliminer l'influence perturbatrice d'un milieu extérieur continuellement changeant, nous avons procédé en comparant entre elles des larves identiques, élevées par petits groupes de six dans la même ambiance, mais différemment nourries.

Les larves des deux premiers groupes reçurent une distribution alimentaire normale, soit en feuilles de *S. tuberosum*, soit en feuilles de *S. demissum;* comme sur cette dernière plante, l'alimentation prise est toujours très faible, un troisième groupe fut constitué par des larves rationnées de manière à ne leur faire absorber en *S. tuberosum* que des quantités analogues à celles prises par les individus vivant sur *S. demissum*. Enfin, dans un quatrième groupe, les individus furent gardés à jeun.

Si, pendant trois jours, l'on compare le rythme des battements des individus (3ᵉ âge) vivant les uns sur *S. demissum*, les autres sur *S. tuberosum*, on constate chez les premiers un abaissement notable de ce rythme, qui se caractérise par les chiffres suivants :

	Temps écoulé depuis la première ingestion de *S. demissum*.					
	30 min.	1 h. 30.	2 h. 30.	3 h. 30.	27 h. 30.	51 h. 30.
Taux des abaissements extrêmes (%).	8-10	10-15	11-16	12-29	39-44	15-58
Moyenne des abaissements (%)......	9	12	14	18	42	40

Le tableau montre que la réaction est bien accusée et a, surtout au début, une intensité très analogue pour les divers individus. Les relevés détaillés avec courbes, que nous avons, indiquent en outre que l'abaissement ne suit pas immédiatement l'ingestion, mais devient sensible une demi-heure après elle ; ensuite, il s'accroît rapidement, puis se ralentit à nouveau.

Les abaissements notés sont bien en rapport avec l'absorption de *S. demissum* et non avec le jeûne partiel présenté par les larves vivant sur

(²) B. TROUVELOT, LACOTTE, DUSSY et THENARD, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 355.

cette plante, car la réaction ne se rencontre chez les larves témoins sous-alimentées avec *S. tuberosum*, ou gardées à jeûn qu'après un délai de 40 heures et quand elles sont en pleine inanition.

L'examen des quantités de feuilles ingérées par chaque individu au début des essais n'indique pas une proportionnalité entre celles-ci, qui sont assez variables (de 3 à 10^{mm^2}), et les intensités des abaissements qui sont très constantes. Les substances semblent agir, au début du moins, plus qualitativement que quantitativement, avec toutefois un minimum d'ingestion nécessaire.

A partir de 12 heures de vie en s'alimentant avec *S. demissum*, les larves présentent de fréquents arrêts des battements cardiaques dont les durées sont le plus souvent comprises entre 3 et 20 secondes; le phénomène ne se rencontre pas chez les divers témoins.

Les larves remises sur *S. tuberosum* après 36 heures de vie sur *S. demissum* reprennent leur physiologie normale, mais plus lentement que les témoins sous-alimentés (délais de 12 à 24 heures). Si les essais durent 50 heures, la reprise d'activité a encore lieu, mais avec une lenteur plus grande et elle cesse de s'observer chez les témoins sous-alimentés.

Enfin les larves élevées sur les hybrides *S. demissum* × *S. tuberosum*, qui se rapprochent du premier parent, présentent les mêmes troubles cardiaques, mais avec une intensité moins grande.

En conclusion, l'observation du rythme des battements cardiaques apporte un élément de plus montrant que dans les feuilles du *S. demissum* se trouve un principe toxique pour les larves du *L. decemlineata*, poison tendant à réduire le métabolisme général des individus, à mettre ceux-ci en vie ralentie. Son action est assez rapide, mais sa durée est courte; des effets cumulatifs sont possibles dans les cas d'ingestions répétées.

Les intéressantes propriétés du *S. demissum* peuvent se retrouver partiellement dans le feuillage d'hybrides *S. demissum* × *S. tuberosum*.

ZOOLOGIE. — *Morphogénèse de la mosaïque cristalline externe dans le squelette tégumentaire des Décapodes Brachyoures*. Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Charles Pérez.

J'ai indiqué (1) les grandes lignes de l'édification des textures cristallines dans l'épaisseur du squelette tégumentaire, chez les Décapodes

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 249.

brachyoures. Les formations de calcite apparaissent successivement dans les diverses strates de la chitine, à partir des strates les plus externes de la couche pigmentaire et de la couche principale, formant ainsi une superposition de mosaïques cristallines. Mais la cristallisation n'est pas simultanée dans toute l'étendue d'une strate; bien avant qu'une strate soit holocristalline, il apparaît de larges zones cristallisées dans les strates suivantes. Aussi le problème le plus intéressant de la cristallogénèse est-il celui de la succession des développements cristallins dans une même strate.

J'ai suivi d'heure en heure chez *Carcinides mænas* (Linné), *Cancer pagurus* Linné et *Xantho floridus* (Montagu), la construction de la première mosaïque cristalline, celle qui, commencée peu de temps après la mue, occupe la zone la plus externe de la couche pigmentaire, immédiatement au-dessous de l'épicuticule. Je l'appelle pour cette raison *mosaïque cristalline externe*. C'est la seule dont le développement puisse être facilement suivi sur toute la surface du squelette tégumentaire; c'est d'ailleurs celle dont l'existence est la plus générale chez les Crustacés, car elle seule se rencontre dans les groupes autres que les Décapodes, où l'épaisseur du squelette est beaucoup plus réduite. Je ne donnerai ici que les caractéristiques les plus générales de son développement.

I. *Premières plages cristallines.* — Les premiers éléments cristallins apparaissent en des zones déterminées, qui sont les mêmes pour les espèces observées : la partie antérieure du rebord frontal de la carapace, et sur les premiers péréiopodes les denticulations des mors de la pince.

L'intervalle de temps qui sépare la fin de l'exuviation et l'apparition des premières plages cristallines, est, pour une espèce donnée, fonction de la taille de l'individu; il est d'autant plus court que ce dernier est plus petit. Parmi les facteurs externes qui peuvent agir sur cet élément et d'une façon générale sur la vitesse des développements cristallins, le plus important est la température. Chez *Carcinides mænas*, pour des individus de même taille, cet intervalle de temps est doublé quand la température de l'eau passe de 18° (Roscoff, fin d'août) à 12° (Roscoff, début de novembre).

D'une espèce à l'autre il y a (pour des individus de taille analogue) des différences importantes; à 16°, l'apparition des premières plages cristallines commence 4 heures après la mue chez un *Cancer pagurus* de 50^{mm}, seulement 10 heures après chez un *Carcinides mænas* de taille équivalente.

II. *Ordre de cristallisation dans les différentes parties du squelette tégumentaire.* — Le développement de la première mosaïque cristalline com-

porte chez toutes les espèces étudiées un décalage important (plusieurs jours) entre le squelette tégumentaire externe d'une part, les parois pleurales de l'endosquelette de l'autre. Dans le squelette tégumentaire externe (carapace, sternites thoraciques, tergites abdominaux, articles des péréiopodes) la mosaïque commencée quelques heures après la mue est achevée en 24 ou 48 heures. Sur les parois pleurales, les endopleurites et les endosternites, elle ne débute que plusieurs jours après la mue et son développement peut s'étendre sur plusieurs semaines.

Si dans l'ensemble les développements cristallins se poursuivent synchroniquement dans les différentes régions du squelette tégumentaire externe, les premières plages cristallines y sont apparues successivement et dans un ordre bien déterminé; aussi, au bout de quelques heures, ces régions apparaissent-elles avec des densités cristallines très diverses, qui traduisent des retards plus ou moins grands dans la cristallogénèse.

D'une manière générale, il y a dans les différentes pièces du squelette tégumentaire externe, progression des développements cristallins dans le sens antéropostérieur. Cette progression est très marquée dans le bouclier dorsal; on la retrouve dans les branchiostégites, dans les sternites thoraciques et les tergites abdominaux. Elle est moins nette dans les péréiopodes; toutefois les pinces présentent une avance marquée sur les appendices suivants.

Dans chaque pièce constitutive du squelette, il y a un plan de développement constant de la mosaïque cristalline; à partir des premières plages la cristallisation progresse suivant une ou plusieurs directions privilégiées. Je ne puis entrer ici dans le détail de ces processus et je mentionnerai seulement la cristallisation précoce des régions à forte courbure par rapport aux régions voisines (la rapide cristallisation des condyles articulaires n'en est qu'un cas particulier).

III. *Texture cristalline et vitesse de développement.* — Dans les zones de cristallisation précoce, les cristaux naissent simultanément en des points très rapprochés et donnent rapidement des plages continues à texture allotriomorphe, formées de très petits éléments. Dans les zones de cristallisation plus tardive, les cristaux apparaissent en des points plus espacés; aussi ont-ils la possibilité de se développer plus longtemps; ils donnent finalement des plages à plus grands éléments dont la texture est hypidiomorphe ou allotriomorphe selon la vitesse plus ou moins grande du développement.

Ces considérations font entrevoir comment la morphologie des mosaïques

cristallines peut traduire certaines particularités de leur genèse. Il est toutefois un caractère remarquable de ces mosaïques que les données précédentes ne permettent pas d'expliquer : c'est la variété des textures et l'hétérochronie de la cristallogénèse dans des régions d'étendue limitée d'une même pièce squelettique. Il faudra, pour expliquer ces faits, faire intervenir les différenciations variées du substratum chitineux, en relation avec les catégories cytologiques des épithéliums sous-jacents.

HISTOLOGIE. — *Sur les vaisseaux pulmonaires à fibres striées des petits Mammifères.* Note de M. **Albert Guieysse-Pellissier**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré [1] qu'il existe, chez le Rat et la Souris, de gros vaisseaux dans le poumon, dont la paroi est formée de fibres striées; j'ai retrouvé cette structure chez plusieurs animaux de petite taille (Arvicole, Lérot, Belette, Pipistrelle). Il s'agirait donc là d'un fait général. Chez des animaux plus grands, tels que le Cobaye, le Hérisson, le Furet, ces gros vaisseaux ne présentent de fibres musculaires striées que dans leur parcours extrapulmonaire, du cœur au hile; dans le poumon même, il n'y en a plus; j'en ai cependant rencontré une fois, à titre exceptionnel, chez un Cobaye. Chez le Chat et le Lapin, il n'y en a pas trace.

Lorsque j'ai trouvé ces vaisseaux, chez le Rat et la Souris, sur des coupes du poumon, j'ai cru avoir affaire à des artères et c'est sous cette épithète que je les ai désignés dans ma première Note. Ensuite, pour déterminer leur origine exacte, j'ai étudié des coupes en série et, à ma grande surprise, j'ai pu me rendre compte qu'ils représentent un prolongement de l'oreillette gauche et qu'il s'agit donc là du système veineux et non du système artériel.

Sur des coupes en série, chez la Souris, on voit que l'oreillette gauche se prolonge au-dessus du cœur en un canal de coupe circulaire, aussi large que l'oreillette elle-même, moins un prolongement latéral qui représente l'auricule. Ce large canal, dont la structure est identiquement la même que celle de l'oreillette, se divise, après un court trajet, en deux branches horizontales de même calibre, qui s'accolent bientôt aux deux grosses bronches; les divisions se continuent en suivant celles des bronches, deux à gauche,

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 85.

trois à droite; chaque branche pénètre directement dans chaque lobe et le parcourt de part en part en ligne droite, presque jusqu'à l'extrémité. Sur les 3/4 environ de sa longueur, ce gros vaisseau présente une tunique formée de fibres musculaires striées ainsi que je l'ai décrit dans ma première Note. Le long de ce gros vaisseau, on voit, de place en place, l'amorce de vaisseaux ne présentant plus de fibres musculaires, mais seulement une paroi fibreuse d'une minceur extrême; ce sont en somme des capillaires d'un calibre considérable. On peut donc dire que, chez la Souris, il n'y a pas de véritables veines pulmonaires, mais que les capillaires s'abouchent directement dans une expansion du cœur. Il y aurait là une sorte de *cœur pulmonaire*.

Les faits sont encore plus saisissants chez la Pipistrelle, où les parois sont plus épaisses, formées d'un plus grand nombre de fibres; de plus, le canal se divise en plusieurs larges branches.

Chez le Rat blanc, dans le poumon, le gros canal n'est pas rectiligne, il se divise rapidement en branches de petit calibre garnies souvent d'une seule rangée de fibres striées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude biochimique des lipides et des substances réductrices chez le* Leptinotarsa decemlineata *Say*. Note de M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Les travaux de Andrée Drilhon ([1]) sur les Lépidoptères ont montré que chez ces insectes, la richesse en lipides variait avec les stades et les âges des individus; la plus grande teneur en acides gras s'observant aux derniers stades larvaires, l'imago offrant une diminution progressive de ces réserves. Ces constituants du milieu intérieur sont utilisés, d'après les auteurs, à la transformation nymphale et paraissent indispensables à l'évolution normale de cette phase biologique.

Il était intéressant de reprendre cette étude chez un Coléoptère, le *Leptinotarsa decemlineata* Say, et de préciser dans sa biologie, les indices biochimiques en relation avec les grandes phases de son évolution.

La méthode analytique fut celle adaptée aux recherches chez les insectes, par A. Drilhon.

Dans une première série d'essais, nous avons envisagé les variations des

---

([1]) *Thèse*, Paris, 1931.

lipides avec les différents stades biologiques. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant, qui donne les points de repères essentiels.

		Larve					
	Œuf.	à l'éclosion.	au 2e stade.	au 3e stade.	au 4e stade.	Nymphe.	Insecte parfait.
Acides gras (totaux %).	7,31	4,64	2,61	1,59	3,74	3,45	1,54
Substances insaponifiables (%)........	2,60	2,219	1,10	0,49	1,09	0,86	0,60

On constate un maximum de la teneur en lipides dans les œufs, puis un abaissement progressif jusqu'au 3e stade larvaire. Au 4e stade qui correspond à la période de plus grande alimentation et à la préparation à la nymphose, on assiste à un accroissement de ces matières de réserves. Pendant la métamorphose, les lipides sont utilisés dans le travail de remaniement des organes, si bien que l'insecte parfait en est à peu près dépourvu.

L'imago va achever son développement, et au cours de cette période il va s'alimenter beaucoup. Si l'on suit le comportement de ses lipides on obtient les chiffres du tableau ci-dessous :

Age de l'insecte parfait.	Teneur en acides gras totaux %.	Activité biologique.
1 mois	4,94	Grande alimentation estivale.
3 »	14,99	Entrée en repos hivernal.
6 »	12,6	Repos hivernal.
8 »	3,27	Sortie printanière du sol, maturité sexuelle.
9 »	9,63	Grande alimentation. Début de la ponte.
10 »	2,72	Vieillesse.

Les dosages montrent que la teneur en acides gras s'élève rapidement pour atteindre son maximum en période préhibernale. Au cours de l'hiver, la consommation des réserves est faible et progressive. Au début du printemps, correspond une chute rapide de la teneur en lipides (dont l'importance est cependant moins faible que celle observée au cours de la vie larvaire). Elle est en relation avec la fin de l'enfouissement et la maturité.

Dès que les insectes se nourrissent activement, les lipides sont rapidement reconstitués, leur enrichissement atteignant les deux tiers de ce qu'il était avant l'hiver, celui-ci étant moindre à cette époque chez les

femelles. Les organes génitaux sont mûrs, les accouplements et la ponte ont lieu, et simultanément s'observe une nouvelle baisse dont le maximum correspond à la période de vieillissement.

D'après les travaux du même auteur, les glucides jouent un rôle important, très comparable à celui des lipides, dans la biochimie, et par conséquence, dans la biologie des insectes; nous avons trouvé que le sens des variations de ces corps chez le *L. decemlineata* était ainsi identique à celui signalé chez les Lépidoptères.

On assiste à une accumulation croissante de glucides chez la larve dont le maximum atteint 3,75 pour 1000 au stade prénymphal. Au cours de la nymphose, l'utilisation progressive de ces corps amène à constater chez l'adulte, la teneur assez faible de 1,37 pour 1000.

En conclusion, on retrouve chez le Coléoptère *L. decemlineata* la même intensité d'activité biochimique (accumulation, puis utilisation des matières de réserve) que celle signalée chez les Lépidoptères. Les périodes de maxima des teneurs de ces corps sont celles précédant les phases de transformation (nymphose), de repos (hibernation) ou d'activité génitale.

La connaissance de la richesse de ces corps chez l'insecte offre un très bon test pour en mesurer le bon état physiologique à un moment donné.

EMBRYOLOGIE. — *L'origine des myotubes secondaires chez les embryons de Mammifères.* Note de M. **René Couteaux**, présentée par M. Paul Marchal.

On considère comme établi, depuis les recherches systématiques de Mac Callum (1898) sur le sartorius humain et de Morpurgo (1899) sur les muscles du Rat, que le nombre des fibres musculaires striées s'accroît encore beaucoup dans les phases tardives du développement embryonnaire des Mammifères et même au delà de la naissance. Autour des fibres embryonnaires à noyaux axiaux, qui forment les premières ébauches des muscles striés et que Tello a décrites sous le nom de *myotubes primaires*, apparaissent à une certaine époque du développement de nouvelles fibres ou *myotubes secondaires*, adhérant étroitement aux précédentes.

L'origine de ces myotubes secondaires, et plus généralement de toutes les fibres musculaires striées qui se forment dans les phases tardives du développement, a été l'objet de nombreuses controverses.

Des diverses hypothèses émises nous ne rappellerons ici que les deux principales.

Tello (1917, 1922) (¹), tout en signalant certaines erreurs de Weissmann (1861) et de Felix (1889), défend comme eux l'opinion que les myotubes secondaires résultent du clivage longitudinal des myotubes primaires. Ses conclusions s'appuient sur l'examen de coupes d'embryons de Poulet et de divers embryons de Mammifères.

Morpurgo chez le Rat, puis Meves (1909) (²) chez l'embryon de Poulet affirment au contraire qu'il n'y a pas de clivage, mais que les fibres apparues secondairement se forment aux dépens d'éléments indifférenciés. Ajoutons que cette seconde conception trouve un sérieux appui dans les travaux de Mlodowska (1908), Schmidt (1927) et Katznelson (1934-1936) sur la *mesenchymale Myogenese* des Vertébrés.

La question de l'origine des myotubes secondaires restant ainsi en suspens entre des interprétations absolument opposées, nous en avons repris l'étude chez les embryons de Mammifères.

Nos observations ont porté sur divers muscles striés du tronc et des membres chez des embryons de Souris, de Cobaye et d'Homme.

Le mode de formation des myotubes secondaires nous a paru identique dans les trois espèces considérées et indépendant de la nature du muscle étudié.

Il n'est pas possible dans le cadre de cette courte note de décrire par le menu l'aspect du muscle strié à diverses phases de son histogénèse, aussi nous contenterons-nous d'indiquer ici très brièvement l'enchaînement des principaux phénomènes, tel que nous l'a suggéré l'examen de nos préparations.

En suivant le même muscle aux différents stades de son développement embryonnaire, on constate toujours à la phase de son histogénèse précédant l'apparition des myotubes secondaires que de petites cellules interstitielles, pourvues d'un noyau généralement très chromophile, viennent s'appliquer sur les myotubes primaires et se multiplier par mitose à leur surface.

Ces éléments indifférenciés, dont le nombre s'accroît rapidement, tendent à revêtir l'exoplasme de chaque fibre primaire d'une sorte de gaine; on les voit par la suite augmenter de taille et devenir nettement fusiformes, leur grand axe se disposant parallèlement à celui des fibres qui les portent. Quelques-uns d'entre eux, jusqu'alors uninucléés, acquièrent à ce moment par la division répétée de leur noyau une constitution syncytiale. Nous n'avons jamais observé de mitose au cours de cette multiplication nucléaire; en revanche, le mode de groupement des noyaux et

(¹) *Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgesch.*, 64, 1922, p. 348.

(²) *Anat. Anz.*, 34, 1909, p. 161.

quelquefois même les incisures profondes de certains d'entre eux imposent l'idée de divisions directes. L'allongement considérable de ces cellules, dont les noyaux continuent de se multiplier, et d'autre part l'apparition de myofibrilles à la périphérie de leur cytoplasme achèvent d'en faire des myotubes typiques; ils ne diffèrent plus alors des myotubes primaires que par l'exiguïté de leur calibre et par la distance qui sépare encore leurs extrémités des deux fasciae d'insertion ([3]).

Ils correspondent en tous points à ces myotubes secondaires disposés en couronne autour des myotubes primaires, et dont Tello a donné une description si précise.

Les phénomènes que nous venons de rapporter rendent compte de la formation des myotubes secondaires sans recourir à l'hypothèse du clivage longitudinal des fibres déjà différenciées, hypothèse en faveur de laquelle aucun auteur n'a jusqu'à maintenant fourni d'argument vraiment convaincant, en ce qui concerne du moins l'histogénèse normale, et que nous n'avons, pour notre part, jamais pu vérifier.

Pour ce qui est des amas de noyaux signalés par Tello dans l'axe de certains myotubes primaires et qui annonceraient, selon cet auteur, un clivage longitudinal, nous n'avons rencontré de tels aspects que dans des fibres en voie de sarcolyse.

Bien que notre description se rapporte exclusivement aux myotubes secondaires d'embryons de Mammifères, elle s'accorde, dans son ensemble, avec celles que Morpurgo et Meves ont données du mode de formation des nouvelles fibres, le premier chez des rats nouveau-nés ou très jeunes, le second chez l'embryon de Poulet; elle s'en écarte toutefois sur certains points que nous envisagerons dans une publication ultérieure. Dès maintenant, en nous bornant au matériel que nous avons personnellement étudié, nous croyons pouvoir conclure que les myotubes secondaires résultent de la différenciation de cellules uninucléées qui s'allongent à la surface des myotubes primaires, deviennent multinucléées par la division répétée de leur noyau et acquièrent secondairement des myofibrilles.

([3]) Bien avant qu'elles soient insérées, les nouvelles fibres présentent à chacune de leurs extrémités un renflement terminal assez net, précédé de quelques noyaux. L'aspect de leurs extrémités, même encore libres, se rapproche donc beaucoup de celui que présentent les myotubes primaires au voisinage de leur insertion.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un dispositif (gouttes d'eau dans un liquide non miscible) pour des recherches d'embryologie et de cytologie expérimentale.* Note de M. **Serge Tchakhotine**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans la cytologie expérimentale, comme dans la physiologie du développement, le progrès dépend aujourd'hui essentiellement des techniques employées; plus précisément, des techniques non seulement propres à expérimenter sur les objets, mais aussi permettant de maintenir ceux-ci en vie après les expériences, et de les observer pendant un temps qui, plus il est long, plus il permet de tirer des conclusions décisives sur la valeur de l'expérience considérée. La possibilité de maintenir les cellules ou les embryons dans des conditions constantes de milieu, température, etc., est une condition *sine qua non* du succès. Si l'on a affaire, comme il est fréquent, à des objets microscopiques, il est évident que les récipients les contenant doivent être minuscules, pour permettre toujours facilement de les repérer pour l'observation; la quantité du milieu, presque toujours liquide, doit donc aussi être minime. Mais à cette nécessité correspondent toujours deux dangers : c'est que, d'un côté, le liquide, s'évaporant facilement, peut changer rapidement de composition, par exemple, en devenant trop concentré, en ce qui concerne son contenu en sels, dans le cas d'objets marins; d'autre part, le métabolisme des objets qui y sont contenus et qui respirent, excrètent, etc., peut aussi contribuer au changement du milieu et même mener vite à une auto-intoxication des organismes en expérimentation, par leurs propres déchets. Enfin les techniques assurant la conservation en vie doivent être assez simples pour permettre des manipulations rapides et sûres, condition essentielle pour faire des expériences en grand nombre et en série.

Il y a déjà plusieurs années que je me sers d'une technique spéciale dans ce but, élaborée lors de mes recherches sur la micropuncture ultraviolette [1] et complétée récemment, à la Station zoologique de Wimereux, par des observations sur du matériel embryologique marin [2].

---

(1) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 1237; *Boll. Soc. ital. Biol. sper.*, **3**, 1928, p. 182; *Die Mikrostrahlstichmethode* etc., dans *Abderhaldens Handb. d. biol. Arb.-meth.*, Abt. V, Tl **10**, 1935, p. 931.

(2) MM. Comandon et de Fonbrune ont attiré mon attention sur le fait qu'eux aussi se sont servis d'une technique analogue, en employant une goutte de sang de Grenouille recouverte d'huile de vaseline, pour filmer les évolutions d'une hémogrégarine. Voir *C. R. Soc. Biol.*, **111**, 1932, p. 999.

Les *chambres postopératoires*, ou d'incubation, sont réalisées comme suit : sur le fond d'une lame creuse, je dépose, avec une micropipette à bouche ([3]), une ou plusieurs rangées de gouttes minimes du milieu liquide ([4]), par exemple, de l'eau de mer. La grandeur de ces gouttes varie et peut ne pas dépasser un diamètre de $0^{mm},5$. On verse ensuite au-dessus une couche d'huile de paraffine, qui empêche les gouttes de s'évaporer, qui maintient donc leur concentration constante, et qui permet aussi d'introduire dans la goutte, l'objet, au moyen d'une micropipette. L'oxygène, nécessaire à la respiration des objets, pénètre sans aucun inconvénient à travers la mince couche d'huile de paraffine. Pour éviter l'accumulation des produits du métabolisme dans la goutte d'eau, on n'a qu'à transporter les objets, de temps à autre, au moyen d'une micropipette, de la goutte où on les a déposés, dans une nouvelle goutte de milieu frais, qu'on peut tenir préparée dans des ampoules stérilisées, ou à la glacière. De même pour la nourriture, par exemple, pour des larves écloses, on peut l'introduire, à volonté, dans la goutte par la micropipette. Toutes ces manipulations, exécutées sous une loupe binoculaire, sont d'une extrême simplicité et exigent un temps minime. C'est ainsi que j'ai pu observer, dans des gouttes disposées de la sorte, des œufs d'*Oursin* fécondés et se développant, depuis les premiers stades jusqu'au stade de pluteus parfaitement différencié et qui y vécurent plus de deux semaines. Les œufs des Lamellibranches, *Pholas candida* et *Pholas crispata*, se sont développés dans ces gouttes jusqu'au stade veliger et y vécurent plusieurs jours. De même les œufs de l'Annélide Polychète *Sabellaria*.

Dans ce dernier cas, on a pu suivre tous les stades du développement jusqu'à la larve trochophore, qui a différencié parfaitement ses soies larvaires, s'est transformée en une larve de quatre segments et y a vécu encore environ trois semaines. Tout ceci sans introduction de nourriture et en ne faisant qu'un seul transport dans une goutte fraîche. En trouvant de la nourriture appropriée et en changeant le milieu plus fréquemment, il serait possible, à mon avis, de prolonger la survie encore beaucoup plus. J'ai pu suivre aussi, dans ces gouttes, le développement d'un Nématode, *Pelodera pellio*, parasitant la musculature du Lombric, qui, au cours de 48 heures, fait toute son évolution embryonnaire et éclôt. J'ai utilisé enfin ces *chambres à gouttes* aussi pour des expériences de tératologie, en y

(3) S. TCHAKHOTINE, *Ann. de Protistologie*, 5, 1936, p. 4.
(4) S. TCHAKHOTINE, *Bull. Soc. franç. Microscopie*, 4, 1935, p. 138.

plaçant des œufs d'Oursin et de Pholades, opérés, soit mécaniquement, soit par ma micropuncture ultraviolette et en suivant les effets qui se manifestent pendant le développement. Les chambres à gouttes servent aussi à l'observation de toutes espèces de Protozoaires, normaux et opérés, d'Algues, Champignons etc.

BIOLOGIE. — *Observation de l'accouplement chez une espèce de Mysis,* Praunus flexuosus. Note (1) de M. **Henri Nouvel**, présentée par M. Charles Pérez.

Il semble bien que l'accouplement n'ait jamais été observé chez les Crustacés appartenant à l'ordre des Mysidacés. En tout cas, aucun auteur n'en fait mention.

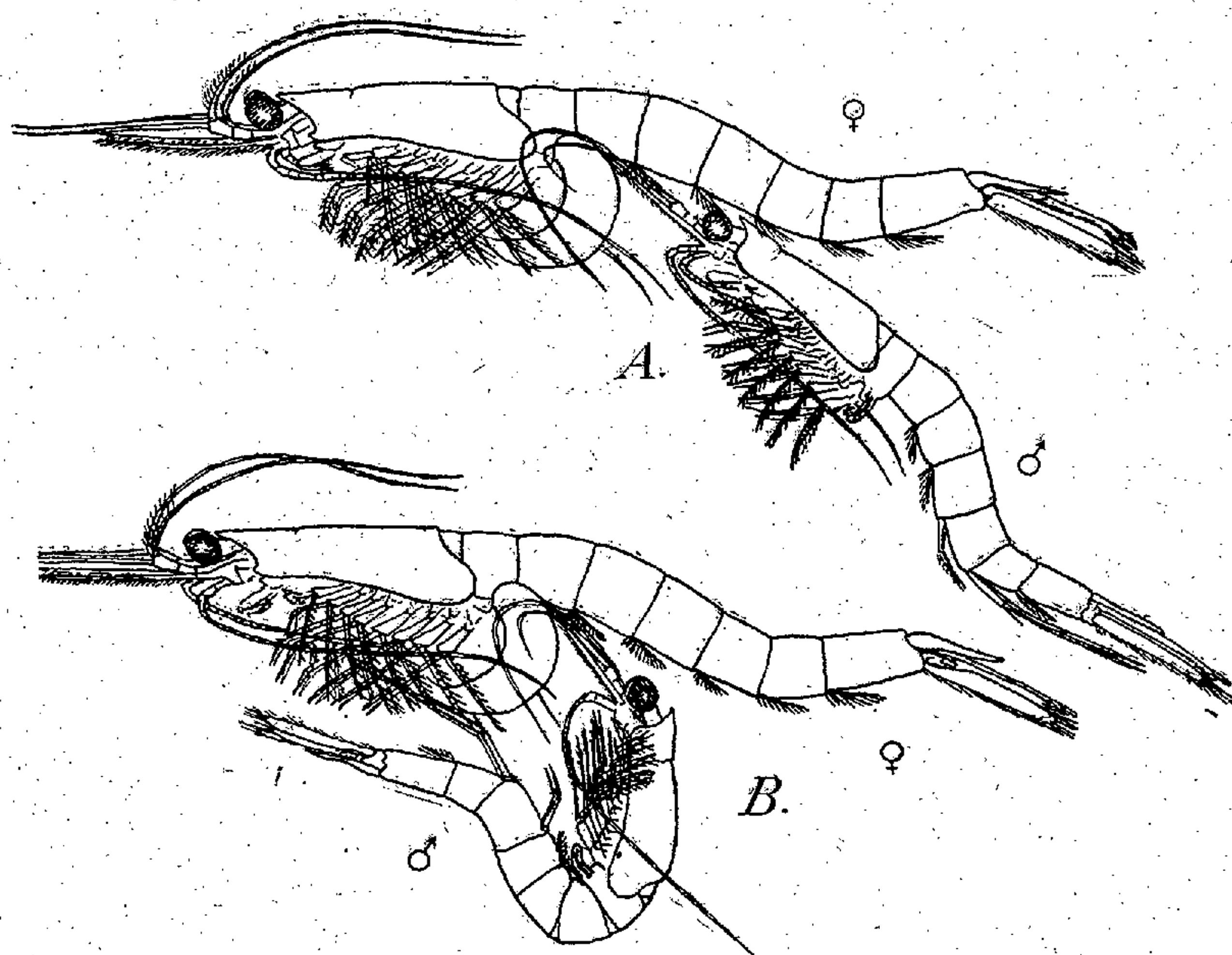
Je suis parvenu à observer l'accouplement chez *Praunus flexuosus* (Müll.) en procédant de la façon suivante : j'ai isolé, d'une part, des femelles ovigères préparant une nouvelle ponte et, d'autre part, des mâles mûrs, facilement reconnaissables, car les spermatozoïdes forment un amas laiteux dans les spermiductes et surtout dans l'ampoule terminale. J'avais déjà observé, sur des femelles isolées, que celles-ci muent quelques heures au plus tard après l'éclosion des larves qui a toujours lieu vers minuit (au mois d'août). En l'absence de mâles, la ponte s'accomplit et est toujours terminée deux ou trois heures après la mue de la femelle. Il était donc évident que l'accouplement se produit immédiatement après la mue de la femelle. J'ai donc placé des femelles, immédiatement après leur mue, en présence de mâles mûrs. L'accouplement se produit dans ces conditions.

Il ne semble pas que les mâles sentent à distance les femelles qui viennent de muer, mais, quand au hasard de ses déplacements, un mâle rencontre une telle femelle, il nage activement autour de celle-ci, se place au-dessous d'elle et vient appliquer l'extrémité de ses écailles antennaires dans le creux situé entre la poche incubatrice de la femelle et le premier segment abdominal (*fig.* A). Les antennules du mâle sont appliquées de chaque côté de la poche incubatrice de la femelle. Le mâle reste quelques secondes dans cette position, le couple nageant de compagnie. Puis, brusquement, le mâle arquant son thorax, reploie la partie

(1) Séance du 29 novembre 1937.

antérieure de son abdomen contre la face ventrale de son thorax, tandis qu'il relève au contraire la partie postérieure de son abdomen de façon que celle-ci reste parallèle à la direction générale de la femelle (*fig.* B). Le mâle émet son sperme et quitte immédiatement la femelle. Ce deuxième temps de l'accouplement dure, à peine, 1/3 de seconde. Une même femelle peut subir l'accouplement trois ou quatre fois de suite, mais avec des mâles différents : je n'ai jamais vu, en effet, un mâle s'accoupler deux fois dans la même soirée.

Les grands pléopodes du mâle (quatrième paire) ne jouent certainement aucun rôle dans le transfert du sperme : il m'a bien paru qu'ils jouaient seulement le rôle d'organes d'accrochage et que l'animal s'en servait pour saisir les pléopodes de la femelle. On sait d'autre part (²) que la femelle produit par son déplacement et à l'aide de ses appendices thoraciques, et



Les deux temps de l'accouplement chez *Praunus flexuosus* (Müll.).

plus particulièrement les exopodites, un appel d'eau d'arrière en avant, d'avant en arrière et de bas en haut vers sa poche incubatrice. En tout cas, le sperme éjaculé par le mâle n'est pas déposé dans la poche incubatrice

(²) H. GRAHAM CANNON et S. M. MANTON, *Transact. of the Roy. Soc. Edinburgh*, 55, 1927, p. 219.

mais émis à une certaine distance de celle-ci. Il y pénètre, sans doute, grâce à un courant d'eau produit par les appendices de l'un et l'autre sexe.

L'accouplement en aquarium ne réussit bien qu'en lumière diffuse; pour cela j'interposais une feuille de papier blanc entre la source lumineuse et l'aquarium.

Quelques instants après l'accouplement (15 à 30 minutes), la femelle pond. A partir de ce moment, les mâles ne s'en approchent plus ou, en tout cas, la femelle les évite.

Il est remarquable que les mâles ne s'accouplent jamais avec des femelles qui n'ont pas d'œufs mûrs dans l'ovaire, même lorsqu'elles viennent de muer après avoir incubé une ponte.

BACTÉRIOLOGIE. — *Essai de transmission aérienne de la grippe au furet par voie pulmonaire ou oculaire.* Note de MM. **Auguste Trillat** et **Arthur Beauvillain**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

L'un de nous a montré (¹) que la transmission de certaines maladies pouvait s'effectuer à distance en faisant inhaler à des animaux de l'air renfermant en suspension des germes microbiens nébulisés sous forme de gouttelettes invisibles. Nous rappellerons notamment les résultats obtenus sur la transmission du paratyphique chez la souris et celle du choléra des poules [(¹) et (²)].

Le présent travail concerne la transmission expérimentale de la grippe au furet exposé à un air tenant en suspension des doses infinitésimales de virus grippal.

Le mode opératoire, le même que celui qui a été décrit (*loc. cit.*), a consisté à nébuliser quelques centigrammes de virus grippal dans un récipient de 40^l, dans lequel sont placés les animaux. Nous avons utilisé dans ce but l'émulsion d'une souche française de virus grippal préparé par les auteurs anglais Andrewes, Lahdlaw, Wilson Schmit (³), les auteurs américains Stuart-Harris, Thomas Francis (⁴) et récemment par Dujarric de la Rivière et Chevé (⁵). Rappelons qu'il consiste essentiellement à faire une émulsion

(¹) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 109.
(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1598.
(³) *The Lancet*, **228**, 20 octobre 1934, p. 589.
(⁴) *Journ. of Exp. Pathology*, **16**, 1935, p. 275 et 506.
(⁵) *Ann. de l'Institut Pasteur*, **59**, 1937, p. 445.

d'un broyage, dans l'eau physiologique, de poumons desséchés de furets atteints de grippe.

Les animaux, avant usage, étaient mis en observation de façon à éliminer ceux qui présentaient une température anormale, ce qui est fréquent.

La durée de l'inhalation de l'air grippal a varié de dix minutes à une heure, après quoi les furets expérimentés dont on prenait deux fois par jour la température, étaient soumis aux observations cliniques. La partie I du tableau indique, à titre d'exemple, les résultats obtenus sur deux furets; ils concordent bien avec ceux observés et décrits par Dujarric de la Rivière et Chevé.

Transmission de la grippe par voie oculaire. — On sait que la muqueuse oculaire baignée par le liquide lacrymal offre un excellent terrain de culture pour l'ensemencement de l'organisme. Nous avons cherché à transmettre la grippe par une simple exposition des yeux du furet à un air grippal.

Le procédé a consisté à ne laisser exposés à l'air que les yeux de l'animal, tandis que celui-ci, grâce à un dispositif spécial, respirait l'air normal pris à l'extérieur de la cage. Dans ces essais, la durée de l'inhalation a varié de 5 à 10 minutes.

La partie II du tableau résume les résultats des essais obtenus sur la transmission de la grippe par voie oculaire.

	Température initiale des furets.	Température maxima après 2 ou 3 jours.	Durée de l'inhalation.	Dilution en volume du virus en émulsion.
I. Inhalation	38°,5	39°,6	15 min	1/ 5000000e
	38,6	39,5	60	1/10000000
II. Voie oculaire	38,6	39,5	5	1/ 5000000
	38,5	39,6	10	1/ 5000000

Observations. — Tous les furets ont présenté le V grippal très net. En outre : éternuements fréquents, toux, abattement, larmoiement, écoulement nasal.

Contrôle expérimental. — En suivant la méthode indiquée par les deux auteurs cités, nous avons pu mettre en évidence, dans le sang des furets grippés par voie aérienne, la présence d'anticorps ayant une action neutralisante sur le virus grippal frais. Des souris instillées, par voie nasale, par le mélange virus + sérum neutralisant, en proportion de 10 pour 100, ne sont pas ou peu contagionnées, ne présentant à l'autopsie que de légères lésions pulmonaires, tandis que dans le cas du virus grippal seul, elles meurent en partie ou présentent des lésions graves. En voici un exemple :

a. 3 souris instillées avec virus grippal : 2 décès; la souris vivante autopsiée présente de graves lésions pulmonaires, hépatisation partielle ou totale.

b. 3 souris instillées avec virus grippal + sérum neutralisant : aucun décès; les souris autopsiées ne présentent que de légères lésions.

On a déjà observé que la grippe se transmettait directement de furet à furet. Les résultats obtenus ici prouvent que le virus grippal, préparé d'après la méthode des auteurs cités, conserve son activité et que, mis en suspension dans l'air à des doses extraordinairement faibles, il est capable de transmettre la maladie, soit par voie pulmonaire, soit par voie oculaire.

A 15^h50^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h20^m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 DÉCEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **E. Moles**, professeur de l'Université de Madrid, qui assiste à la séance.

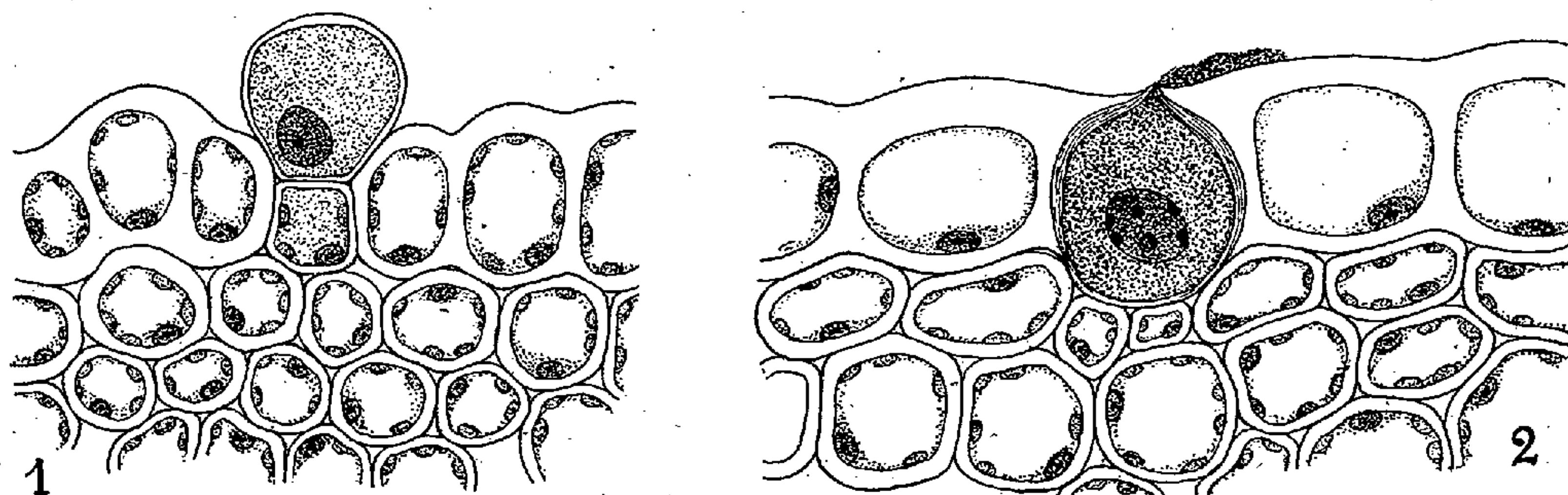
M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un Volume intitulé Benjamin Baillaud (1848-1934).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la sécrétion des Caryophyllées attrape-mouches*. Note de MM. **Marin Molliard** et **Robert Echevin**.

L'une des Caryophyllées qui capte le plus énergiquement les insectes est le *Lychnis Viscaria* L.; c'est cette espèce que nous considérerons comme type. La zone sécrétrice occupe la partie supérieure, environ le tiers, de certains entre-nœuds; une tige florifère présente normalement, vers le bas, deux entre-nœuds non sécréteurs, puis on compte plus haut cinq entre-nœuds; seule la zone supérieure de ceux-ci est recouverte d'une couche visqueuse dont l'importance relative augmente au fur et à mesure qu'on s'élève. Si l'on dose la quantité de sucre réducteur qui existe dans ces différents entre-nœuds on constate que, rapportée à l'unité de substance fraîche, cette quantité augmente progressivement de 40 pour 100 en bas de la tige florifère à 50 pour 100 dans la partie supérieure. D'autre part on voit les zones visqueuses diminuer d'importance en surface et le liquide de sécrétion devenir moins abondant et moins adhésif lorsque les plantes vivaces que nous considérons, développées une première année à l'état végétatif

dans des conditions normales d'éclairement, sont exposées la seconde année à une lumière relativement faible; un rapport apparaît évident entre l'intensité de la fonction chlorophyllienne et celle du phénomène envisagé.

Les régions sécrétrices correspondent à l'existence de poils assez spéciaux (*fig.* 1); il s'agit d'émergences épidermiques réduites à deux cellules, l'une basilaire très courte, et une autre renflée constituant l'élé-



Cellules sécrétrices des zones adhésives (Gr = 250).
1. Poil de *Lychnis Viscaria;* 2. Cellule épidermique sécrétrice de *Silene Muscipula.*

ment sécréteur; l'ensemble dépasse peu le niveau des cellules épidermiques ordinaires et leur localisation correspond exactement à celles des zones adhésives; deux de ces poils se trouvent séparés par environ cinq cellules épidermiques non différenciées.

La cellule terminale présente un abondant cytoplasme et un noyau volumineux; à la fin de son développement elle subit vers son sommet une fonte irrégulière, qui libère le contenu à la surface de la tige, et elle n'est plus représentée alors que par la partie inférieure de sa membrane largement ouverte.

Pour nous rendre compte de la nature chimique de la matière sécrétée nous avons agité les plages sécrétrices, pendant quelques instants, au contact d'éther éthylique; le solvant est filtré et l'on constate qu'il est ainsi retenu une matière qui n'est autre que du sucre, substance existant dans la sécrétion, mais qui est insoluble dans le solvant des autres constituants de la matière adhésive. L'éther est ensuite décoloré par agitation avec du noir animal, puis évaporé sous pression réduite à 35°-40°; le résidu est desséché à 105°.

On obtient ainsi une substance très adhésive, blonde, translucide, à réaction acide, fondant à 47°-50°, soluble dans l'alcool à chaud et à froid, dans la solution aqueuse concentrée d'hydrate de chloral. La solution

alcoolique chauffée, sous un réfrigérant à reflux, en présence de 3 pour 100 d'acide chlorhydrique, fournit au cours du refroidissement une abondante cristallisation en aiguilles; enfin la solution alcoolique est active au polarimètre ($[\alpha]_D = -17°,5$).

Ces propriétés ainsi que l'aspect de la substance permettent de conclure qu'on se trouve en présence d'une résine, dont l'essence a été évaporée au cours des manipulations. Disons enfin que les caractères suivants : indice d'acide, 3,7; indice de saponification, 313; indice d'iode, 7; indice d'acétyle, 19,6, montrent que la résine en question est surtout constituée par des éthers et des alcools.

Avec le *Silene Muscipula* nous observons le même phénomène de capture de petits insectes, mais les cellules sécrétrices, ayant d'ailleurs la même distribution que dans le cas précédent, ont une allure morphologique assez différente; il s'agit de cellules épidermiques restant simples et dans le même plan que les autres, mais acquérant un cytoplasme très dense et un noyau très volumineux (*fig.* 2); leur membrane cellulosique se différencie au contact du cytoplasme en une sorte de capsule de réfringence spéciale; il se constitue vers la région externe un canal se terminant par un orifice permettant l'écoulement du liquide visqueux à la surface de la tige; ces cellules sécrétrices ne sont pas sans rappeler celles que nous avons étudiées dans l'ovaire du *Lychnis Githago* [1].

Nous avons employé le même mode d'extraction de la sécrétion que dans le cas du *L. Viscaria;* après évaporation de l'éther on obtient un produit visqueux, opaque et entièrement soluble dans l'alcool bouillant; mais par refroidissement de l'alcool il se sépare une substance blanche, opaque, neutre, insoluble dans la solution aqueuse concentrée d'hydrate de chloral, facilement saponifiable, fondant à 60°-63°, sans action sur la lumière polarisée; il s'agit d'une cire.

Dans l'alcool reste en solution une substance adhésive, acide, présentant les mêmes caractères de solubilité que celle de *L. Viscaria;* optiquement active [$(\alpha)_D = -28°$] elle fond à 35°-45°; elle est surtout constituée par des éthers : indice d'acide 8; indice de saponification 567; indice d'iode 5.

Le *Silene nutans* sécrète également une matière visqueuse assez abondante, capable de retenir de petits insectes; c'est encore dans la région florale qu'on la rencontre; elle est produite par des poils qui ne diffèrent des nombreux poils pluricellulaires qu'on rencontre sur tout l'appareil végé-

---

(1) *Rev. gén. Botan.*, 48, 1936, p. 81.

tatif de la plante que par le fait que la cellule terminale se renfle et devient sécrétrice.

On peut encore après traitement par l'éther séparer par l'alcool une résine et une cire, dans la même proportion que pour *S. Muscipula*, soit 3 de résine pour 1 de cire.

La résine fond à 30°-40°, son pouvoir rotatoire est ($[\alpha]_D = -12°$) le point de fusion de la cire est de 60°-63°.

Le *Cucubalus baccifer* présente aussi une sécrétion provenant de poils pluricellulaires capités; elle contient une résine (p. f. 38°-47°) et une cire (p. f. 58°-63°).

Il n'est peut-être pas sans intérêt de signaler que les feuilles d'une plante dite *carnivore* de nos régions, le *Drosera rotundifolia*, possède des poils qui sécrètent une substance adhésive entièrement comparable à celles que nous venons de signaler chez les Caryophyllées attrape-mouches; on peut extraire de ces feuilles un mélange de résine fondant à 45°-55 et une cire fondant à 58°-65°.

Pour nous résumer les Caryophyllées peuvent présenter une série de sécrétions localisées dans la partie supérieure de la plante et consistant essentiellement en une matière sucrée (ovaire de *L. Githago*) ou en des principes, oléorésines et cires, dérivant des sucres dans des organes qui sont en contact direct avec l'air. Nous voyons d'autre part les caractères essentiels de ces sécrétions varier légèrement d'une espèce à une autre, en même temps que se modifie la disposition histologique des appareils; les deux ordres de variations sont d'ailleurs indépendants et l'on peut remarquer en particulier que les cellules épidermiques sécrétrices de sucre (ovaire du *L. Githago*) sont entièrement comparables aux cellules épidermiques sécrétrices du *Silene Muscipula*.

M. É. Borel fait hommage à l'Académie des *Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques*, professées à la Sorbonne et à l'Université de Cernauti par S. Stoïlow et d'une *Monographie* intitulée *Technique de la méthode des moindres carrés*, par Henri Mineur, publiées sous sa direction.

M. M. Delépine fait hommage à l'Académie d'un fascicule des *Classiques de la découverte scientifique, La Synthèse totale en Chimie organique*. Mémoires de MM. Wöhler, Gerhardt, M. Berthelot, Le Bel, Van't Hoff, Jungfleisch, Ladenburg, Pasteur, pour lequel il a écrit une *Préface* et des *Commentaires*.

M. M. Caullery fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. C. Picado, de San José (Costa Rica) sur la *Vaccination contre la sénescence précoce*, dont il a écrit la *Préface*.

M. M. Roy fait hommage à l'Académie de ses *Leçons sur la mécanique de l'aviation* (deuxième volume). Deuxième année.

NOMINATIONS.

M. Ch. Fabry est désigné par l'Académie comme Correspondant près la *Commission pour la Science et ses relations sociales du Conseil international des Unions scientifiques*.

ÉLECTIONS.

Sont élus Correspondants de l'Académie par la majorité des suffrages :

— M. Niels Bohr pour la Section de Physique générale;
— M. Georges Denigès pour la Section de Chimie.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Éducation nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la *Chaire de Géologie méditerranéenne* du Collège de France.

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Leçons de Mécanique-Physique des Fluides*, par A. Tenot, avec une *Préface* de M. Toussaint (présenté par M. L. Guillet).

2° *Cours de Ponts métalliques* à l'École nationale des Ponts et Chaussées, 1935-1936, avec deux Compléments, 1933-1934 et 1937-1938, par Louis Grelot (présenté par M. M. d'Ocagne).

3° *Hormone ovarienne et caractères raciaux du plumage chez le Coq et la Poule domestiques. Étude de génétique expérimentale*, par V. Régnier (présenté par M. M. Caullery).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur l'équation différentielle des lignes géodésiques des surfaces spirales.* Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch.**

Considérons l'équation différentielle des géodésiques des surfaces spirales, à savoir

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + y^2 = f(x). \tag{1}$$

Elle se transforme en

$$\frac{d\lambda}{dx} = (1+\lambda^2)(1-\theta\lambda) \qquad \left(\theta = \frac{f'}{2f}\right), \tag{2}$$

en faisant, avec Darboux [1], la substitution $y = \lambda y'$.

La transformation homographique

$$\lambda = \frac{\alpha(x)z + \beta(x)}{z + \gamma(x)}$$

transforme ensuite l'équation (2) en

$$\begin{aligned}(\alpha\gamma - \beta)(z+\gamma)\frac{dz}{dx} = {} & (1 - \theta\alpha + \alpha^2 - \theta\alpha^3 - \alpha')z^3 \\ & + (3\gamma - \theta\beta - 2\theta\alpha\gamma + 2\alpha\beta + \alpha^2\gamma - 3\theta\alpha^2\beta - \beta' - 2\alpha'\gamma + \alpha\gamma')z^2 \\ & + (3\gamma^2 - 2\theta\beta\gamma - \theta\alpha\gamma^2 + \beta^2 \\ & \quad + 2\alpha\beta\gamma - 3\theta\alpha\beta^2 - 2\beta'\gamma + \beta\gamma' - \alpha'\gamma^2 + \alpha\gamma\gamma')z \\ & + (\gamma^3 - \theta\beta\gamma^2 + \beta^2\gamma - \theta\beta^3 - \beta'\gamma^2 + \beta\gamma\gamma').\end{aligned}$$

Sous les trois conditions :

$$\begin{gathered}\alpha' - (1+\alpha^2)(1-\theta\alpha) = 0, \\ 3\gamma^2 - 2\theta\beta\gamma - \theta\alpha\gamma^2 + \beta^2 + 2\alpha\beta\gamma - 3\theta\alpha\beta^2 - 2\beta'\gamma + \beta\gamma' - \alpha'\gamma^2 + \alpha\gamma\gamma' = 0, \\ 3\gamma - \theta\beta - 2\theta\alpha\gamma + 2\alpha\beta + \alpha^2\gamma - 3\theta\alpha^2\beta \\ - \beta' - 2\alpha'\gamma + \alpha\gamma' + \gamma^3 - \theta\beta\gamma^2 + \beta^2\gamma - \theta\beta^3 - \beta'\gamma^2 + \beta\gamma\gamma' = 0,\end{gathered}$$

---

[1] *Théorie générale des surfaces*, 4, 1925, p. 442-447.

la dernière équation prend la forme

$$\frac{dz}{dx} = \frac{p(1-z^2)}{z+\gamma}, \tag{3}$$

où

$$p = \frac{\gamma^3 - \theta\beta\gamma^2 + \beta^2\gamma - \theta\beta^3 - \beta'\gamma^2 + \beta\gamma\gamma'}{\alpha\gamma - \beta}.$$

Si l'on fait [2] $p\,dx = du$ dans l'équation (3), on aura

$$\frac{dz}{du} = \frac{1-z^2}{z+\rho(u)}. \tag{4}$$

C'est l'équation différentielle de la Balistique extérieure à laquelle M. J. Drach [3] a appliqué sa méthode de *l'intégration logique* en formant tous les cas où elle peut s'intégrer complètement par des quadratures.

Par l'inspection des liaisons existant entre les équations (1) et (4), on voit que les résultats de M. J. Drach relatifs à l'intégration de l'équation (4) ne sont pas applicables à l'équation (1).

Le but de cette Note est de faire voir que le passage de l'équation (4) à l'équation (1) est réalisable par un autre procédé, et, par suite, les résultats mentionnés de M. J. Drach peuvent être utilisés immédiatement.

Pour cet effet posons

$$z = 1 + t$$

dans l'équation (4); il vient

$$\frac{dt}{du} = \frac{-2t - t^2}{t + 1 + \rho(u)}.$$

La dernière équation, par la substitution [4]

$$2\mathrm{Y}\delta = \sqrt{t} + \frac{a_0}{\sqrt{t}},$$

Y désignant une nouvelle fonction, prend la forme

$$\left(\frac{d\mathrm{Y}}{du}\right)^2 + a_2(u)\mathrm{Y}^2 + 2a_1(u)\mathrm{Y}\frac{d\mathrm{Y}}{du} + a_0(u) = 0, \tag{5}$$

---

(2) M. J. Drach, *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 37, 1920, p. 5.
(3) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 37, 1920, p. 1-96.
(4) D. S. Mitrinovitch, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1706-1708.

où l'on a

$$\delta(u) = -\frac{3+\rho(u)+2\rho'(u)}{4[1+\rho(u)]},$$
$$a_0(u) = -1-\rho(u),$$
$$a_1(u) = [\log\delta(u)]' + \delta(u) + \frac{1}{2},$$
$$a_2(u) = [a_1(u)]^2 - [\delta(u)]^2.$$

Enfin, une troisième substitution de la forme

$$\frac{dx}{du} = i\delta, \qquad Y = y e^{-\int a_1 du} \qquad (i = \sqrt{-1}),$$

faite dans l'équation (5), la ramène à

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + y^2 = \frac{a_0}{\delta^2} e^{2\int a_1 du},$$

où dans le second membre il faut exprimer u en fonction x par la relation

$$\frac{dx}{du} = i\delta.$$

Or le procédé indiqué fournit la possibilité d'avoir tous les cas où l'équation différentielle des lignes géodésiques des surfaces spirales peut s'intégrer par des quadratures, ce procédé n'exigeant pas une étude spéciale de l'équation (2) d'après la méthode créée par M. J. Drach et appelée par lui-même l'intégration logique des équations différentielles.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *L'hypothèse du continu et les ensembles partiellement ordonnés.* Note [1] de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Paul Montel.

I. *Nombres* bE, p_cE, p_dE, p_sE, p_0E. — Soit E un ensemble partiellement ordonné quelconque; si $pE = 0$, nous poserons $p_cE = p_dE = p_sE = 0$; si $E \neq 0$, nous poserons $p_cE = \sup pF$, F parcourant tous les sous-ensembles bien ordonnés de E; $p_dE = \sup pF$, F parcourant tous les sous-ensembles inversement bien ordonnés de E; $p_sE = \sup pF$, F parcourant tous les ensembles de E, dont chacun est composé de points deux à deux incom-

(1) Séance du 6 décembre 1937.

parables; $p_0 E = \max(p_c E, p_d E)$;

$$bE = \max(p_c E, p_d E, p_s E) = \max(p_0 E, p_s E).$$

Ceci étant, on peut établir la relation fondamentale

(1) $$bE \leqq pE \leqq (2 p_s E)^{p_0 E}.$$

II. *Fonction* N(α). — Soit α un nombre ordinal quelconque (par exemple $\alpha = 0$); nous poserons :

$\aleph_{N(\alpha)} = \sup pE$, E parcourant tous les ensembles partiellement *bien ordonnés* vérifiant $bE \leqq \aleph_\alpha$, ceux-ci étant deux à deux distincts au point de vue de l'ordre (E est dit *partiellement bien ordonné* si chacun de ses sous-ensembles *ordonnés* est *bien ordonné*).

Alors

(2) $$2^{\aleph_\alpha} = \aleph_{N(\alpha)}, \qquad \text{donc } N(\alpha) \geqq \alpha + 1.$$

En particulier, pour que l'hypothèse du continu soit vraie (c'est-à-dire pour que $2^{\aleph_0} = \aleph_1$), *il faut et il suffit que* $N(0) = 1$.

III. *Fonction* $n(\alpha)$. — Posons, pour tout nombre ordinal α.

$\aleph_{n(\alpha)} = \sup pE$, E parcourant tous les ensembles partiellement ordonnés vérifiant $bE \leqq \aleph_\alpha$, et dont chacun vérifie la condition suivante :

Quel que soit le point a de E, l'ensemble $(\,.\,, a)_E$ de tous les points de E dont chacun précède a est *bien ordonné*, autrement dit :

$\aleph_{n(\alpha)} = \sup pT$, T parcourant tous les *tableaux ramifiés*, T vérifiant $bT \leqq \aleph_\alpha$, ceux-ci étant deux à deux distincts au point de vue de l'ordre.

Alors

(3) $$\alpha \leqq n(\alpha) \leqq \alpha + 1; \quad \textit{en particulier}, \quad n(0) = 0 \quad \text{ou} \quad 1,$$

l'hypothèse $n(0) = 0$ *étant équivalente à l'hypothèse que la réponse au problème de Souslin* ([2]) *est affirmative.*

Bref, quel que soit le nombre ordina

(4) $$\alpha \leqq n(\alpha) \leqq \alpha + 1 \leqq N(\alpha); \qquad \text{donc} \qquad n(\alpha) \leqq N(\alpha).$$

Il est intéressant de remarquer que, quel que soit le *tableau ramifié* infini T, tel que $pT = \aleph_\zeta$, ζ étant 0 ou un ordinal de seconde espèce, on aura $bT = pT$, alors que nous ne savons même pas prouver que, quel que

---

([2]) Voir la nouvelle édition (1937) du tome I des *Fundamenta Mathematicae*, p. 223 et 248.

soit l'ensemble partiellement bien ordonné non dénombrable E vérifiant $bE \leqq \aleph_0$, la puissance pT ne soit un aleph inaccessible ([3]).

IV. *Nombre* γE, *ensembles* $R_\alpha E$. — Soient E un ensemble partiellement bien ordonné non vide et F un sous-ensemble non vide de E; il y a *un* (et donc un seul) sous-ensemble $R_0 F$ de F composé de points deux à deux incomparables et tel que, quel que soit le point éventuel x de $F - R_0 F$, il y ait un point de $R_0 F$ précédant le point x. En particulier, $R_0 E$ existera; nous poserons $R_1 E = R_0(E - R_0 E)$; d'une manière générale, soit α un ordinal tel que, pour tout $\xi < \alpha$, le sous-ensemble non vide $R_\xi E$ est bien déterminé; si $E \neq \sum_{\xi<\alpha} R_\xi E$, nous poserons $R_\alpha = R_0 \left(E - \sum_{\xi<\alpha} R_\xi E\right)$; si $E = \sum_{\xi<\alpha} R_\xi E$, on posera $\gamma E = \alpha$ et l'on ne définira pas $R_\alpha E$.

V. Ceci étant, supposons que $bE \leqq \aleph_0$; par conséquent, $pR_\alpha E \leqq \aleph_0$ pour tout $\alpha < \gamma E$; si, de plus, $pR_\alpha E < \aleph_0$ pour tout $\alpha < \gamma E$, *on peut prouver* que $pE \leqq \aleph_0$. Mais, dans le cas général où $pR_\alpha E = \aleph_0$ pour tout $\alpha < \gamma E$ et où $pE > \aleph_0$, *nous ne savons pas prouver* que pT soit de la forme $\aleph_{\alpha+1}$ ni même que pE n'est pas inaccessible (bien entendu, si $2^{\aleph_0} = \aleph_1$, on aura $pE = \aleph_1$; et vice versa).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un lien entre la théorie des équations aux dérivées partielles elliptiques et celle des fonctions d'une variable complexe.* Note de M. **Stefan Bergmann**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Désignons par $\mathfrak{U}$ des fonctions de n variables réelles, satisfaisant à une équation aux dérivées partielles $L(\mathfrak{U}) = 0$ du type elliptique. Dans l'étude de plusieurs questions concernant les $\mathfrak{U}$, on peut appliquer la méthode de la représentation de l'ensemble des $\mathfrak{U}$ sur le corps des fonctions analytiques f de m variables complexes, $m < n$. Cette correspondance permet de déduire de la théorie des fonctions de m variables complexes des théorèmes sur les $\mathfrak{U}$. Elle s'appuie sur le fait suivant :

Pour chaque L, il existe des fonctions E_k de x, y, t, telles que

$$(1) \qquad \int_a^b \sum_{k=1}^{p} E_k f_k \, dt$$

([3]) Un aleph $\aleph_\alpha$ est dit *inaccessible* s'il n'est pas la somme de moins de $\aleph_\alpha$ nombres cardinaux $< \aleph_\alpha$ et si, de plus, le nombre α est 0 ou un ordinal de seconde espèce.

(où les f_k sont des fonctions analytiques arbitraires) est une solution de $L = 0$. D'autre part, on peut représenter chaque solution $\mathfrak{U}$ de $L = 0$ sous la forme indiquée. Lorsqu'on applique cette méthode, on rencontre deux problèmes fondamentaux :

1° *Donner, d'une manière effective, pour l'équation* $L = 0$, *une formule intégrale* (1) *assez simple;* 2° *La représentation* (1) *est valable au voisinage d'un point, et l'on ne peut la prolonger que dans le domaine de régularité de* E_k *et* f_k. C'est pourquoi il apparaît comme désirable de caractériser globalement les $\mathfrak{U}$ lorsque les f_k appartiennent à une classe bien déterminée, par exemple lorsque les f_k sont des fonctions rationnelles ou algébriques, et, en général, d'étudier les singularités des $\mathfrak{U}$ lorsque les f_k possèdent des singularités non essentielles [1].

Nous appliquerons cette méthode à l'étude du problème suivant : *Soit* $\mathfrak{U}(z, \bar{z})$, $z = x + iy$, $\bar{z} = x - iy$, *une solution particulière de*

$$L_1 \equiv \mathfrak{U}_{z\bar{z}} + \mathfrak{A}^{(1)}\mathfrak{U}_z + \mathfrak{A}^{(2)}\mathfrak{U}_{\bar{z}} + \mathfrak{A}^{(3)}\mathfrak{U} = 0, \qquad \mathfrak{U}_z = \frac{\partial \mathfrak{U}}{\partial x} - i\frac{\partial \mathfrak{U}}{\partial y}, \qquad \mathfrak{U}_{\bar{z}} = \frac{\partial \mathfrak{U}}{\partial x} + i\frac{\partial \mathfrak{U}}{\partial y},$$

où $\mathfrak{A}^{(k)} \equiv \mathfrak{A}^{(k)}(z, \bar{z})$ *sont des fonctions entières de* z, $\bar{z}$, *et soit* $\Sigma a_{mn} z^m \bar{z}^n$ *le développement de* $\mathfrak{U}$ *dans le voisinage du point* (0, 0). *Les* a_{mn} *étant donnés, que peut-on dire des singularités de* $\mathfrak{U}$? [2].

Dans le cas de L_1, nous avons le théorème suivant : *Il existe, pour chaque* L_1, *deux fonctions* $E_k(z, \bar{z}, t)$ *entières en* z, $\bar{z}$ *et telles que l'intégrale*

$$(1a) \qquad \int_{-1}^{+1} \sum_{k=1} E_k(z, \bar{z}, t) f_k\left[\frac{1}{2}(x + i^{2k-1}y)(1 - t^2)\right] \frac{dt}{\sqrt{1 - t^2}},$$

où les $f_k(w)$ *sont des fonctions arbitraires d'une variable complexe* w, *est une solution de* $L_1 = 0$. *Réciproquement on peut représenter chaque* $\mathfrak{U}$ *sous la forme* (1 a) *et l'on a* [*si* $\mathfrak{U}(0, 0) = 0$], *les* c_k *étant des constantes déterminées* [3],

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} & f_k(w) = \pi^{-1} c_k \int_0^{\frac{\pi}{2}} w \sin\vartheta\, \mathfrak{V}_k(w \sin^2\vartheta)\, d\vartheta, \\ & \mathfrak{V}_k(v) = \frac{d\mathfrak{U}\{[v - (-1)^k v], [v + (-1)^k v]\}}{dv}. \end{aligned} \right.$$

---

(1) Quant à l'étude des fonctions harmoniques de *trois* variables, voir *Math. Zeitsch.*, **24**, 1926, p. 641; *Math. Annalen*, **99**, 1928, p. 629, et **101**, 1929, p. 534.

(2) En utilisant la méthode indiquée, A. Temliakoff a étudié les fonctions harmoniques à *trois* variables, spécialement le lien entre leur croissance et les coefficients de leur développement en fonctions sphériques. Voir *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 799, et *Recueil mathématique de Moscou*, **42**, 1935, p. 707.

(3) Voir *Comptes rendus de l'Acad. d. Sc. de l'U. R. S. S.*, **15**, 1937, p. 227.

Quelles relations différentielles doivent exister entre les $\mathfrak{A}^{(k)}$ pour qu'on ait $E_k = \exp\left[\sum_{\varkappa=0}^{p} t^{\varkappa}\varphi_{\varkappa}\right]$, $\varphi_{\varkappa} \equiv \varphi_{\varkappa}(z, \bar{z})$? Pour $E_1 = \exp[t^n\varphi_n + t\varphi_1 + \varphi_0]$, il faut et il suffit que

$$\mathfrak{A}_z^{(1)} = \mathfrak{A}_{\bar{z}}^{(2)}, \qquad \mathcal{F}_z = 0, \qquad \mathcal{F} = -\mathfrak{A}_z^{(1)} - \mathfrak{A}^{(1)}\mathfrak{A}^{(2)} + \mathfrak{A}^{(3)},$$

ou bien

$$\mathcal{F}_z = 0, \qquad \mathcal{F} = \frac{1}{2}(\mathfrak{A}_z^{(1)} - \mathfrak{A}_{\bar{z}}^{(2)}), \qquad \text{ou bien} \quad \mathfrak{A}_z^{(1)} = \mathfrak{A}_{\bar{z}}^{(2)}, \qquad \mathcal{F} = -\frac{3}{2}C z \mathcal{L} - \frac{1}{2}\mathcal{L}_{\bar{z}}\mathcal{L},$$

où $\mathcal{L}$ est une fonction analytique arbitraire de $\bar{z}$ et C une constante. Dans le cas de $L_1 \equiv \Delta\mathfrak{U} + \mathfrak{U}$, on a, par exemple, $E_1 = E_2 = \exp\left[it\sqrt{z\bar{z}}\right]$ ([4]).

Étant donné $\mathfrak{U} = \Sigma a_{mn} z^m \bar{z}^n$, on obtient, d'après (2),

$$f_1 = c_1 \Sigma l_n a_{n0} w^n, \qquad f_2 = c_2 \Sigma l_n a_{0n} w^n, \qquad l_n = \frac{2^{n-1}\Gamma(n+1)}{\sqrt{\pi}\,\Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right)}.$$

Ces résultats permettent déjà plusieurs applications. Par exemple, soient $\mathfrak{U}^{(k)} = \Sigma a_{mn}^{(k)} z^m \bar{z}^n$, $k = 1, 2, 3$, trois solutions particulières de $L_1 = 0$ et supposons les $\mathfrak{U}^{(k)}$, $k = 1, 2$ régulières dans les domaines étoilés $\mathfrak{A}_k$, $k = 1, 2$. De plus, soient $a_{m0}^{(3)} = l_m a_{m0}^{(1)} a_{m0}^{(2)}$ et $a_{0m}^{(3)} = l_m a_{0m}^{(1)} a_{0m}^{(2)}$, $m = 1, 2, \ldots$. Alors $\mathfrak{U}^{(3)}$ est régulière dans le domaine étoilé qu'on obtient d'une manière bien connue comme dans le théorème de multiplication de M. Hadamard.

Étant donné $\mathfrak{U} = \Sigma a_{mn} z^m \bar{z}^n$, nous pouvons, en utilisant les formules de M. Hadamard, constater quand les f_k n'ont que des pôles et calculer les modules de leurs affixes. Nous étudierons ces $\mathfrak{U}$ ultérieurement.

En posant $f_1(w) = w^n$, $f_2 = 0$ (ou bien $f_1 = 0$, $f_2 = w^n$), on obtient une suite de solutions ψ_{2n} (ou bien ψ_{2n+1}), de $L_1 = 0$. Dans un cercle $|z| = r$ où $\mathfrak{U}$ est régulier, on peut développer $\mathfrak{U}$ suivant les ψ_k ([5]). On a de plus

$$|\psi_{2n}(z, \bar{z})\mathcal{H}_1^{-1}(z, \bar{z}) - z^n c_1^{-1} l_n^{-1}| \leq \frac{\text{const.}\ |z|^n}{2^n\Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right)},$$

où $\mathcal{H}_1$ ne dépend que de L_1.

Si l'on prolonge $\mathfrak{U}$ dans le domaine complexe (x et y complexes), on montre que les $\mathfrak{U}$ sont toujours réguliers dans certains domaines possédant une *ligne frontière remarquable* ([6]).

([4]) Voir *Math. Zeitsch.*, 32, 1930, p. 386, et *Appl. Math. and Mech.*, 3, 1936, p. 77.

([5]) Dans un Mémoire des *Travaux de l'Inst. math. de Tbilissi* (sous presse), E. Zitlanadze étudie les questions de l'approximation de $\mathfrak{U}$ à l'aide du système $\{\psi_n\}$.

([6]) Voir *Jahresbericht deut. Math. Ver.*, 38, 1929, p. 187, et 39, 1930, p. 163.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet à deux dimensions.* Note [1] de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de donner, dans la présente Note, la solution du problème suivant : *Étant donné un domaine plan multiplement connexe* (Ω), *limité par une courbe extérieure* (C_0) *et par p courbes fermées intérieures* (C_j), $(j=1, 2, \ldots, p)$, *ces courbes admettant des tangentes qui varient d'une façon continue, à quelles conditions faut-il assujettir les fonctions intégrables* $\Phi_0(s)$, $\Phi_j(s)$, *définies sur les courbes de mêmes indices, pour qu'il existe une fonction harmonique* $u(x, y)$, *régulière dans le domaine* (Ω), *qui prenne sur les frontières les suites de valeurs données* $\Phi_0(s)$, $\Phi_j(s)$, *et dont la conjuguée* $v(x, y)$ *admette des périodes données* ω_j *relativement aux contours intérieurs* (C_j) ?

Posons $f(z)=u(x, y)+iv(x, y)$. En nous rapportant aux résultats classiques concernant la résolution du problème de Dirichlet par la méthode de Fredholm, on sait que l'équation intégrale

$$\pi\mu(s_M)+\int_{(C)}\mu(s_P)\frac{\cos(r_{MP}, n_M^i)}{r_{MP}}\,ds_P=0, \tag{1}$$

où (C) désigne la frontière totale de (Ω), admet p solutions fondamentales qu'on peut écrire en détaillant

$$\{\mu_j^{(r)}(s), j=0, 1, 2, \ldots, p\}, \qquad (r=1, 2, \ldots, p).$$

Ceci étant, on peut poser

$$f(z)=F_1(z)+F_2(z); \tag{2}$$

la fonction $F_1(z)$, uniforme dans (Ω), est telle que sa partie réelle prenne sur les contours les valeurs $\Phi_0(s)$, $\Phi_j(s)-c_j$, les constantes c_j étant les solutions du système

$$\sum_{j=1}^{p} c_j\int_{(C_j)}\mu_j^{(r)}(s)\,ds=\sum_{j=0}^{p}\int_{(C_j)}\mu_j^{(r)}(s)\,\Phi_j(s)\,ds \qquad (r=1, 2, \ldots, p). \tag{3}$$

L'existence de cette fonction est assurée en vertu du troisième théorème de Fredholm, les conditions (3) qui définissent les c_j étant précisément les

[1] Séance du 29 novembre 1937.

conditions pour que l'équation intégrale à laquelle se réduit le problème de Dirichlet, pour les données $\Phi_0(s)$, $\Phi_j(s) - c_j$, soit résoluble. Quant à la fonction $F_2(z)$, sa partie réelle, nulle sur (C_0), est assujettie à prendre les valeurs c_j sur les (C_j); cette fonction ne saurait être uniforme que si elle se réduisait à une constante imaginaire pure. Il est manifeste que la décomposition (2) ne peut être réalisée que d'une seule manière.

Soient $f_r(z)$ $(r = 1, 2, \ldots, p)$ les p fonctions analytiques de z qu'engendrent les solutions fondamentales de (1) par l'intermédiaire de la formule

$$f_r(z) = \int_{(C)} \mu^{(r)}(s_P) \log \frac{1}{z_P - z} \, ds_P.$$

Ces fonctions sont telles que leurs parties réelles, linéairement distinctes, prennent des valeurs constantes $c_j^{(r)}$ sur les contours (C_j) $(j = 0, 1, 2, \ldots, p)$. La fonction $F_2(z)$ s'exprimera au moyen des $f_r(z)$ par la relation

$$F_2(z) = \sum_{r=1}^{p} \alpha_r f_r(z) + c + id,$$

les α_r étant les solutions du système

$$(4) \qquad \sum_{r=1}^{p} \alpha_r \gamma_j^{(r)} = c_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, p),$$

où $\gamma_j^{(r)} = c_j^{(r)} - c_0^{(r)}$. Soient $i\omega_j^{(r)}$ les périodes de $f_r(z)$ relatives aux contours (C_j), qui correspondent au sens de parcours laissant à gauche l'intérieur de ces courbes; les périodes $i\omega_j$ de $F_2(z)$ seront données par

$$(5) \qquad \omega_j = \sum_{r=1}^{p} \alpha_r \omega_j^{(r)} \qquad (j = 1, 2, \ldots, p).$$

Si l'on veut que les périodes de $f(z)$, c'est-à-dire celles de $F_2(z)$, soient données à l'avance, il nous faudra exprimer que les systèmes (4) et (5), aux inconnues α_r, sont compatibles, les c_j étant définis par (3). L'élimination des α_r et des c_j entre (3), (4) et (5) est aisée si l'on tient compte de la relation

$$\sum_{j=1}^{p} (\gamma_j^{(r)} \omega_j^{(\nu)} - \gamma_j^{(\nu)} \omega_j^{(r)}) = 0 \qquad (r \neq \nu).$$

On obtient en définitive les conditions de compatibilité

$$(6)\qquad \boxed{\sum_{j=1}^{p} \omega_j \gamma_j^{(r)} = -2\pi \sum_{j=0}^{p} \int_{(C_j)} \mu_j^{(r)}(s)\, \Phi_j(s)\, ds}$$

$$(r = 1, 2, \ldots, p).$$

Ce sont les conditions nécessaires et suffisantes pour que $f(z)$ admette des périodicités données.

Cas particulier. — Supposons qu'on ait affaire à une couronne circulaire de rayons R_0 et R_1, $(R_0 > R_1)$. Alors l'équation (1) admet la solution fondamentale $\{\mu_0^{(1)} = R_1,\ \mu_1^{(1)} = -R_0\}$, et l'on aura

$$\gamma_1^{(1)} = -2\pi R_0 R_1 (\log R_0 - \log R_1).$$

La condition (6) deviendra

$$(6')\qquad \omega_1 (\log R_0 - \log R_1) = \frac{1}{R_0} \int_{(C_0)} \Phi_0(s)\, ds - \frac{1}{R_1} \int_{(C_1)} \Phi_1(s)\, ds.$$

C'est la condition de multiformité de M. H. Villat ([2]).

Nous avons étendu les résultats précédents aussi à un autre problème, voisin du problème de Dirichlet, que nous avons considéré dans une Note antérieure ([3]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problèmes de représentation conforme de Helmholtz; étude d'un cas limite dans la théorie du sillage en fluide parfait.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons établi ([1]) l'existence de solutions du problème du sillage et de la proue en fluide parfait limité par une ou deux parois planes; nous nous proposons de préciser la manière dont se comportent ces solutions lorsque l'une des parois se rapproche indéfiniment de l'obstacle. Pour simplifier les formules, nous nous bornerons au cas du fluide limité par une seule paroi; les résultats énoncés demeurent exacts dans le cas du canal.

([2]) *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 33, 1912, p. 146.

([3]) C. Jacob, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2225; *Mathematica*, 11, 1935, p. 61-87.

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1936, p. 250.

Nous utiliserons les notations de M. H. Villat (²). On appelle d la distance de l'obstacle à la paroi. Le domaine du fluide en mouvement (plan z) est représenté conformément sur le demi-plan supérieur t; aux points de détachements P_1 et P_2 correspondent les points $t=+1$ et $t=-1$. On désigne par a et b les affixes (réels) du point de bifurcation O et du point à l'infini en aval; on a : $-1<a<1<b$. Enfin on appelle $\psi(t)$ l'angle de la demi-tangente à l'obstacle avec la direction du courant à l'infini. [On suppose $0\leqq\psi(t)\leqq\pi$].

Le problème consiste à déterminer la configuration limite du mouvement quand d tend vers zéro, *l'obstacle restant régulier*, et à préciser la manière dont se comportent alors les paramètres a, b et la fonction $\psi(t)$. Les résultats obtenus se résument comme suit :

I. *Les paramètres* d, $(b-1)$ *et* $(1-a)$ *tendent simultanément vers zéro.*

II. En utilisant des raisonnements de M. J. Leray (³) nous avons construit pour la fonction $\psi(t)$ un module de continuité du type

$$|\psi(t)-\psi(t')|\leqq\frac{\text{const.}}{\left|\log\dfrac{1}{|t-t'|}\right|^{\frac{1}{4}}}.$$

Si $\lim\psi(1)\neq 0$ (⁴), on peut améliorer ce résultat; *en appelant n un nombre positif arbitrairement grand, on a*

$$(1)\qquad |\psi(1)-\psi(t)|\leqq\frac{\text{const.}}{\left|\log\dfrac{1}{|1-t|}\right|^{n}}.$$

III. Dès lors, l'équation de définition de a, écrite par M. Villat, peut être mise sous la forme [en désignant par ... des fonctions tendant vers zéro avec $(b-1)$],

$$(2)\qquad \frac{\pi}{\sqrt{2}}\arg.\text{ch}\left[1+2\frac{(1-a)}{(b-1)}\right]+\sqrt{2}\,\pi\log\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}+\sqrt{1+a}}$$
$$=[\pi-\psi(1)]\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\arg.\text{ch}\left(1+\frac{4}{b-1}\right)+\sqrt{2}\log 2\right]$$
$$+\int_{-1}^{+1}\frac{\lim\psi(1)-\lim\psi(t)}{\sqrt{1+t}\,(1-t)}dt+\ldots,$$

(²) *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides*, p. 79.

(³) *Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 173-174.

(⁴) Le symbole $\lim f$ désigne la limite de f pour $d=0$; dans ce qui suit nous excluons le cas : $\lim\psi(1)=0$.

l'intégrale du second membre ayant un sens en vertu de (1). Lorsque $(b-1)$ tend vers zéro $\lim 1-a/b-1$ n'étant pas nulle, (2) peut s'écrire, en désignant par η une quantité qui reste finie,

$$(3) \qquad \log\frac{1-a}{b-1} = \left[\frac{\psi(1)}{\pi} - 1\right]\log(b-1) + \eta.$$

Ainsi $\lim\log[(1-a)/(b-1)]$ *et* $\lim[\psi(1)/\pi - 1]\log(b-1)$ *sont infinies ou finies en même temps*. Ce dernier cas ne peut se produire que si $\lim\psi(1) = \pi$; (2) montre alors directement que $\lim[(1-a)/(b-1)]$ ne peut être nulle que si l'on a $\lim\psi(t) = \pi$.

IV. Ces résultats montrent que le point O tend nécessairement vers la paroi lorsque d tend vers zéro. *La configuration limite du sillage est donc celle qui correspond à l'obstacle fixé à la paroi en son point de détachement supérieur.*

V. L'allure limite de la ligne libre, étranglée entre l'obstacle et la paroi se détermine en effectuant dans les plans z et t les homothéties de même rapport $1/(b-1)$ et ayant respectivement pour centres les points P_1 et $t=1$. Différents cas peuvent se présenter.

Si $\lim\psi(1) \neq \pi$, la configuration dans le voisinage ainsi dilaté du point P_1 tend vers celle du sillage limité par une droite et une demi-droite faisant entre elles un angle égal à $\lim\psi(1)$. D'après (3) il n'existe pas alors de point de bifurcation sur la demi-droite.

Si $\lim\,[\psi(1)/\pi - 1]\log(b-1)$ est finie, la droite et la demi-droite précédentes sont parallèles. L'inégalité (dans laquelle k désigne une constante finie convenable)

$$\log\frac{1}{b-1} < \frac{k}{d^2},$$

équivalente à une inégalité établie dans notre Note précitée, permet d'affirmer qu'il en sera ainsi toutes les fois que la quantité $\lim\,[\psi(1)/\pi - 1]d^{-2}$ est finie. La relation (3) montre que la demi-droite porte alors un point de bifurcation. Ce point est distinct de P_1 si $\lim\psi(t)$ n'est pas identiquement égale à π.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Surface des modules et automorphie des polynomes et des fonctions entières* (1). Note (2) de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

1. On appelle *surface des modules* (3), la surface S d'équation

$$\zeta = \log |F(z)|,$$

en coordonnées rectangulaires (x, y, ζ), avec $x + iy = z$, $F(z)$ désignant une fonction analytique. On peut énoncer les propositions suivantes :

Théorème. — *La pente du plan tangent en un point de* S *d'affixe* z *est égale à* $|F'(z)/F(z)|$.

Traçons le réseau topographique de S; les lignes de niveau se projettent orthogonalement sur les courbes d'égal module et les lignes de plus grande pente sur les courbes d'égal argument de $F(z)$. On retrouve sur S les images des cellules montantes qui partent de $\log R = -\infty$, et celles des cellules descendantes qui partent de $\log R = +\infty$.

Théorème. — *Pour que deux surfaces* S_1 *et* S_2 *correspondant aux fonctions* F_1 *et* F_2 *soient tangentes en un point commun* z, *il faut et il suffit que l'on ait*

$$\frac{F'_1(z)}{F_1(z)} = \frac{F'_2(z)}{F_2(z)}.$$

Considérons la surface des modules de Σ d'une fonction $Q(z)$ inverse d'un polynome $P(z)$.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que deux branches distinctes de* $Q(z)$, Z_i *et* Z_k *donnent deux nappes confondues est que l'on ait* $Z_i = Z_k e^{i\varphi}$, φ *désignant une constante réelle.*

Considérons les lignes doubles ou coupures de Σ. En un point de ramification permutant q nappes :

1° Si $\log R$ est fini, il y a exactement $(q-1)$ coupures;

2° Si $\log R$ est infini, il y a en général $(q-1)$ coupures; ce nombre est augmenté et peut même donner des superpositions de nappes si, pour $\log R = +\infty$, le centre de gravité des zéros de $P(z)$ est à l'origine, ou si,

---

(1) Voir *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1121.

(2) Séance du 6 décembre 1937.

(3) Jensen, *Acta Math.*, 36, 1912, p. 195.

pour $\log R = -\infty$, le coefficient du terme de degré $(q+1)$ dans le développement de $P(z)$ disparaît.

Les projections des tangentes aux lignes doubles, menées aux points de ramification, ont en général une direction unique pour $q=2$, et deux directions pour $q>2$. Exceptionnellement, on trouve $2m$ directions $(m>1)$ formant une étoile régulière, ou même plus de $2m$ directions formant toujours une étoile régulière.

2. Passons à l'étude des hypergroupes [3] d'automorphie des polynomes. L'hypergroupe d'automorphie est l'ensemble des fonctions $\theta(z)$ et de leurs produits de composition qui laisse invariant $P(z)$. J'ai obtenu les résultats suivants :

1° Autour d'un zéro a d'ordre $q(q>1)$, il existe un domaine D_a et un groupe permutant les portions de cellules montantes qui s'y trouvent; c'est le groupe local en a;

2° Autour d'un point a', il existe de même un domaine $D_{a'}$ et un groupe local;

3° Autour du point à l'infini, il existe un domaine D_∞ et un groupe local permutant autour de ce point les n cellules descendantes issues du point à l'infini.

Soit $\theta(z)$ un élément d'un des groupes locaux ainsi définis, on démontre les lemmes suivants :

Lemme. — *L'ensemble des points que tous les prolongements analytiques de $\theta(z)$ font correspondre à une cellule montante ou à une cellule descendante est une somme de cellules montantes ou descendantes.*

Lemme. — *Si tous les prolongements analytiques de $\theta(z)$ font correspondre à une cellule C donnée, α cellules C, toutes les autres cellules C donneront également α cellules.*

Ces deux lemmes permettent de démontrer que l'hypergroupe local à l'infini permute entre elles les n cellules descendantes partant de l'infini; donc :

Théorème. — *L'hypergroupe local à l'infini se confond avec l'hypergroupe global.* C'est l'hypergroupe d'automorphie de M. F. Marty [4].

Les hypergroupes locaux en a et en a' sont, en général, des sous-hypergroupes de l'hypergroupe global.

3. Les extensions aux fonctions entières nécessitent l'étude des courbes d'égal module et d'égal argument de ces fonctions. Je démontre les théorèmes suivants :

---

(4) F. Marty, *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 53, fasc. II, 1937, p. 9.

THÉORÈME. — *Il n'existe pas de circuit fermé, formé d'arcs d'une ou plusieurs courbes V entièrement situé à distance finie.*

THÉORÈME. — *Si la fonction entière n'admet pas de valeur asymptotique finie, les pinceaux montants existent et pavent le plan en cellules d'univalence.*

Je fais enfin l'étude complète des fonctions entières e^{z^n} et $e^{P(z)}$, $P(z)$ désignant un polynome. Je divise leur domaine d'existence en cellules montantes ou descendantes et je caractérise leur hypergroupe d'automorphie.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la répartition entre le mouvement moyen et le mouvement d'agitation de l'énergie dissipée dans l'écoulement turbulent d'un fluide incompressible.* Note [1] de MM. **J. Kampé de Fériet** et **A. Martinot-Lagarde**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons l'écoulement *permanent turbulent* d'un fluide incompressible dans un tuyau cylindrique : nous proposons une méthode pour séparer l'énergie dissipée, et par suite le coefficicient de perte de charge, en deux termes, dus au mouvement moyen, et au mouvement d'agitation.

I. Chaque grandeur $f(P, t)$ étant considérée, selon le point de vue de de Reynolds, comme la somme d'une composante *moyenne* au point P

$$\overline{f} = \frac{1}{2T}\int_{t-T}^{t+T} f(P, s)\, ds$$

et d'une composante d'*agitation* f', $\overline{f}$ est par hypothèse indépendante de t dès que T est assez grand. Nous supposons de plus que la vitesse moyenne $\overline{u}$ est parallèle à l'axe Ox du tuyau et que la moyenne $\overline{f'g'}$ du produit de plusieurs composantes d'agitation est indépendante de x.

Soient Φ l'énergie dissipée par unité de temps et de masse, ω^2 le carré du vecteur tourbillon, μ le coefficient de viscosité et ρ la masse spécifique du fluide, Δ un domaine limité entièrement par une paroi solide immobile; l'énergie dissipée est

$$\rho\int_{\Delta} \Phi\, d\Delta = 4\mu\int_{\Delta} \omega^2\, d\Delta.$$

On obtient la même relation entre les grandeurs moyennes, pour un

---

(1) Séance du 6 décembre 1937.

domaine Δ limité par deux sections droites d'un tuyau cylindrique

$$\rho \int_{\Delta} \overline{\Phi}\, d\Delta = 4\mu \int_{\Delta} \overline{\omega^2}\, d\Delta.$$

En appliquant la règle de médiation de Reynolds,

$$\overline{\omega}^2 = (\overline{\omega})^2 + \overline{\omega'^2},$$

nous obtenons la formule annoncée :

$$\rho \int_{\Delta} \overline{\Phi}\, d\Delta = 4\mu \int_{\Delta} (\overline{\omega})^2\, d\Delta + 4\mu \int_{\Delta} \overline{\omega'^2}\, d\Delta;$$

dans le second membre interviennent donc séparément le mouvement moyen, et le mouvement d'agitation.

II. Calculons, pour le tuyau circulaire, le rapport m de l'énergie dissipée par le mouvement moyen à l'énergie dissipée totale.

L'énergie dissipée *totale* se déduit de la loi de perte de charge : soient a le rayon du tuyau, u_0 la moyenne de $\overline{u}$ dans une section droite, τ la force de frottement par unité de surface de la paroi, $c_f = 2\tau/\rho u_0^2$; on a, pour un domaine Δ de longueur 1,

$$\rho \int_{\Delta} \overline{\Phi}\, d\Delta = \frac{\pi}{4} \rho a u_0^3 c_f.$$

L'énergie dissipée *par le mouvement moyen* se déduit de la loi de distribution de la vitesse moyenne, en fonction de la distance r à l'axe, puisque

$$\overline{\omega} = -\frac{1}{2} \frac{d\overline{u}}{dr}.$$

Le rapport cherché est

$$m = \frac{2\mu}{\rho a u_0^3 c_f} \int_0^a \left(\frac{d\overline{u}}{dr}\right)^2 r\, dr.$$

Utilisons les profils logarithmiques de vitesse de Kármán et les valeurs numériques données par les expériences de Nikuradse. Soient R le nombre de Reynolds $\rho a u_0/\mu$, k la hauteur moyenne des rugosités, $y^* = 1 - r/a$.

a. Pour les tuyaux *très rugueux* ($R\sqrt{c_f}(k/a) > 150$ environ), on a

$$\frac{\overline{u}}{u_0\sqrt{c_f}} = A \log\left(1 + \frac{30\, a}{k} y^*\right).$$

Il en résulte

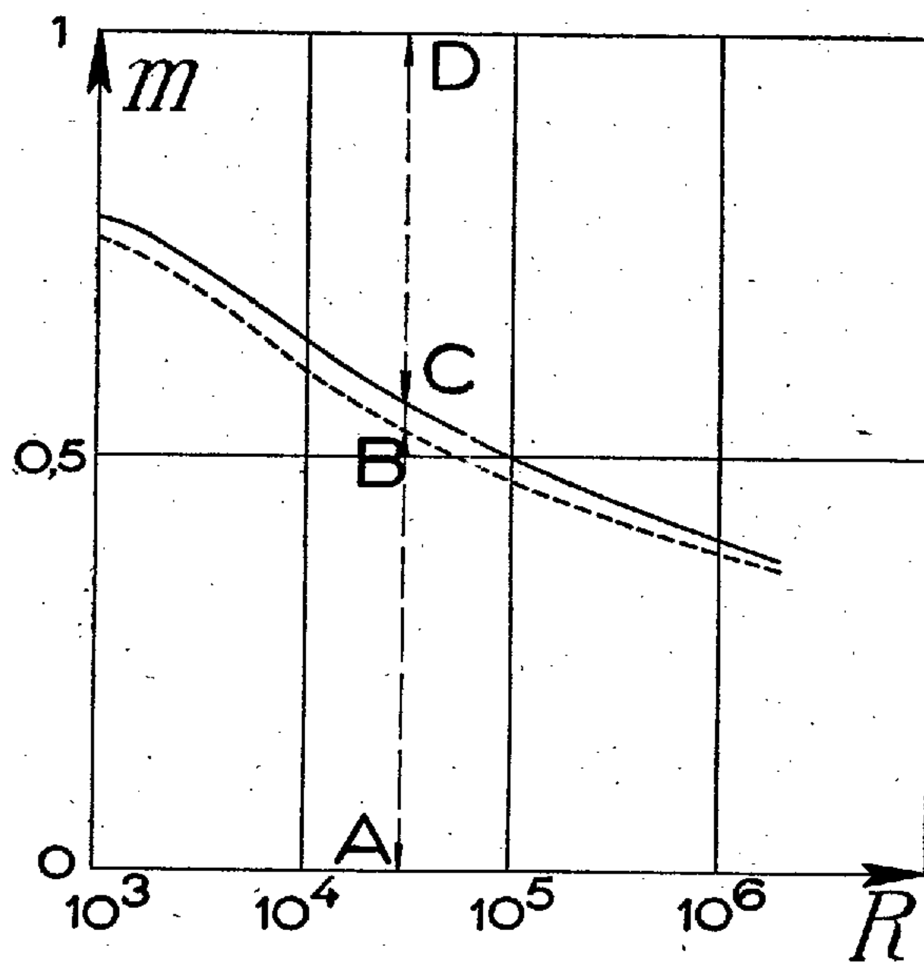
$$m = \frac{2A^2}{R}\left[\frac{30a}{k} - \log\left(1 + \frac{30a}{k}\right)\right].$$

La valeur la plus élevée calculée d'après les essais de Nikuradse est $m = 0,15$.

b. Pour les tuyaux *lisses*, c'est-à-dire où $R\sqrt{c_f}(k/a) < 4$ environ, $\bar{u}$ est donné, *sauf au voisinage de la paroi*, par

$$\frac{\bar{u}}{u_0\sqrt{c_f}} = A\log(R\sqrt{c_f}y^*) + B.$$

Si l'on admet que, dans une gaine mince contiguë à la paroi, $d\bar{u}/dr$ est constant, on trouve pour cette gaine une épaisseur de $15a/R\sqrt{c_f}$ et l'on



peut achever le calcul de *m*. On obtient le graphique ci-dessus où AD représente l'énergie dissipée totale, AC l'énergie dissipée par le mouvement moyen, AB la portion de AC dissipée dans cette gaine. On voit : 1° que c'est dans cette gaine qu'est localisée principalement la dissipation d'énergie par le mouvement moyen; 2° que l'énergie CD dissipée par le mouvement d'agitation croît avec le nombre de Reynolds tout en restant du même ordre de grandeur que l'énergie AC dissipée par le mouvement moyen.

MÉCANIQUE DES FLUIDES EXPÉRIMENTALE. — *Étude du tunnel Toussaint-Carafoli, et de mouvements hydrodynamiques à deux dimensions.* Note [1] de M. **Alexandre Favre**, présentée par M. Henri Villat.

Nous indiquons, à titre d'exemple concernant les développements de nos récentes Notes (*fig.* 1 à 6) [2], des spectres de l'aile Joukowski 430 que

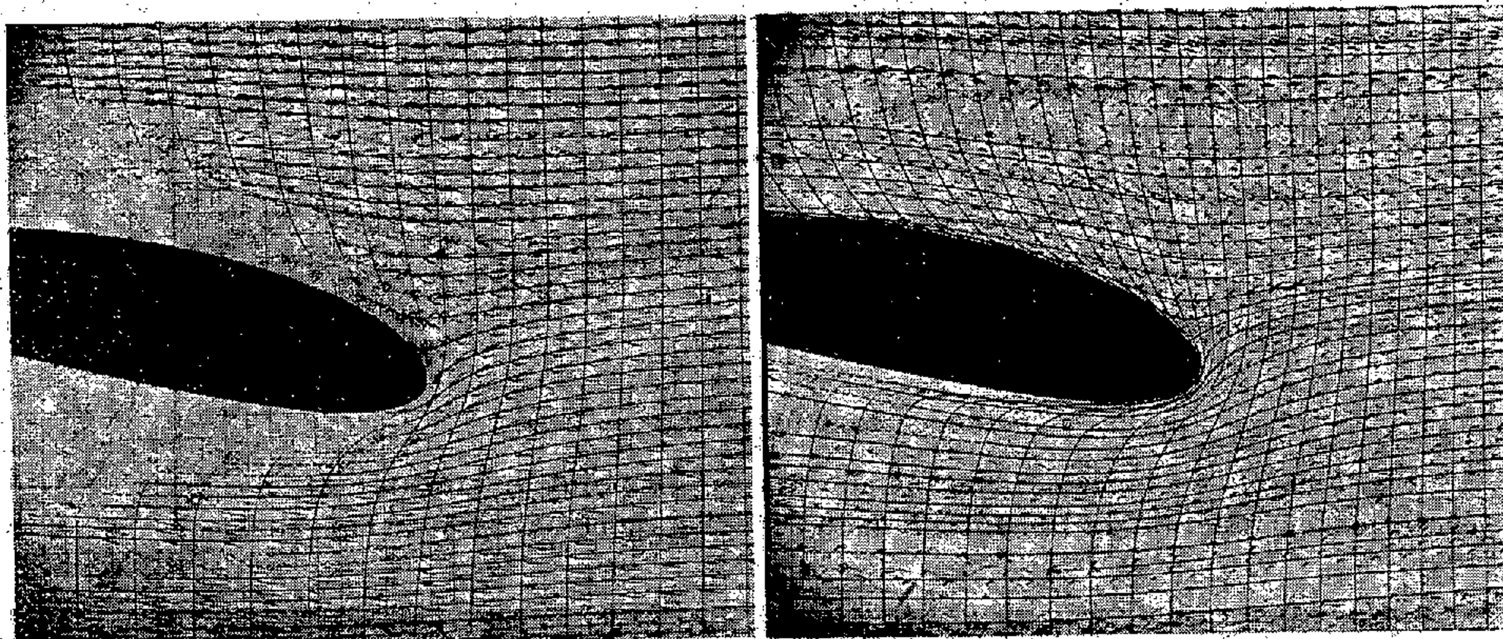


Fig. 1. — $i^o = -8^o,2$; $h = 6^{mm}$; $V = 182$ cm/sec. Fig. 2. — $i^o = -8^o,2$; $h = 20^{mm}$; $V = 130$ cm/sec.

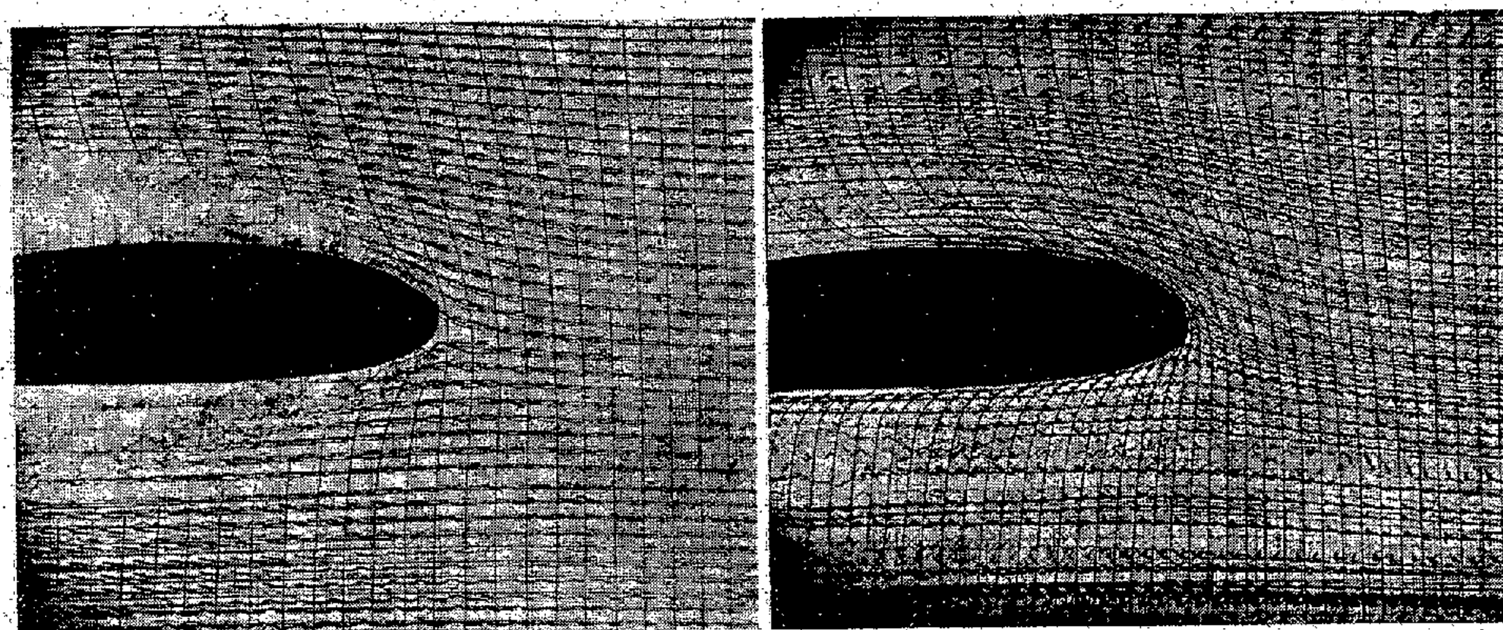


Fig. 3. — $i^o = 3^o,68$; $h = 6^{mm}$; $V = 133$ cm/sec. Fig. 4. — $i^o = 3^o,68$; $h = 20^{mm}$; $V = 98$ cm/sec.

Fig. 1 à 4. — Spectres d'une aile avec lignes de courant et lignes isochrones, obtenus au tunnel hydrodynamique (infl. de h et V).

Nos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h(mm)	3,7	6	6	8	10	12	14	14	16	16	28	20
V (cm/sec)	287	139	182	130	83	170	79	143	126	72	100	130

A = point de stagnation théorique.

(1) Séance du 29 novembre 1937.

(2) Ces spectres ne correspondent pas aux conditions optima des expériences.

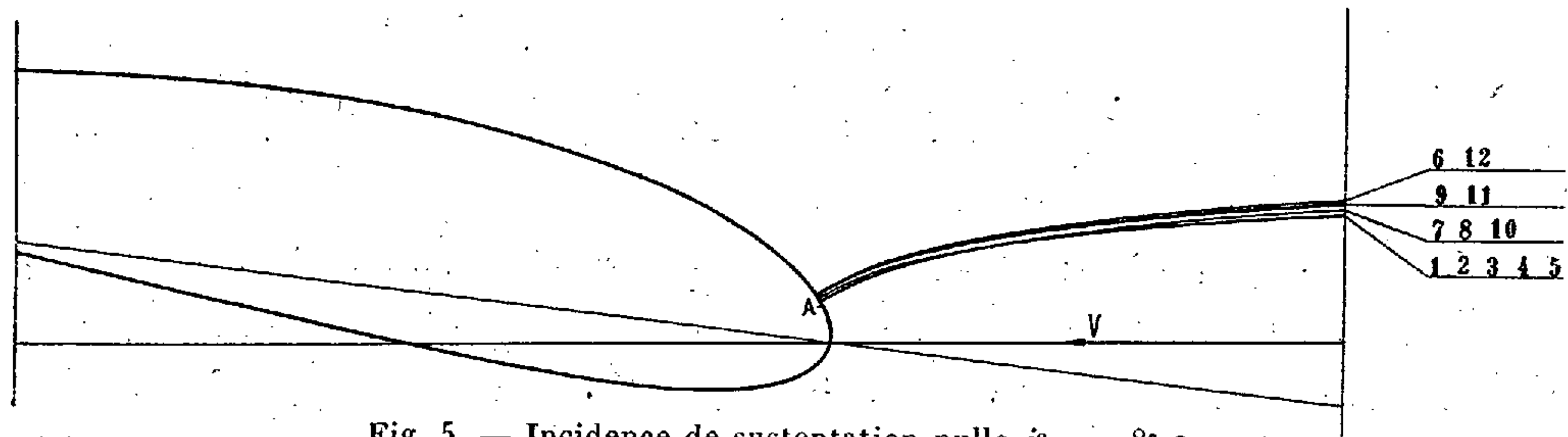


Fig. 5. — Incidence de sustentation nulle $i^\circ = -8^\circ,2$.

Nos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
h(mm)...	3,7	3,7	6	6	6	8	8	8	10	10	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20
V (cm/sec)	202	280	133	180	180	100	140	140	100	100	110	160	160	70	140	70	120	inter-pol.	100	98

B = point de stagnation théorique.

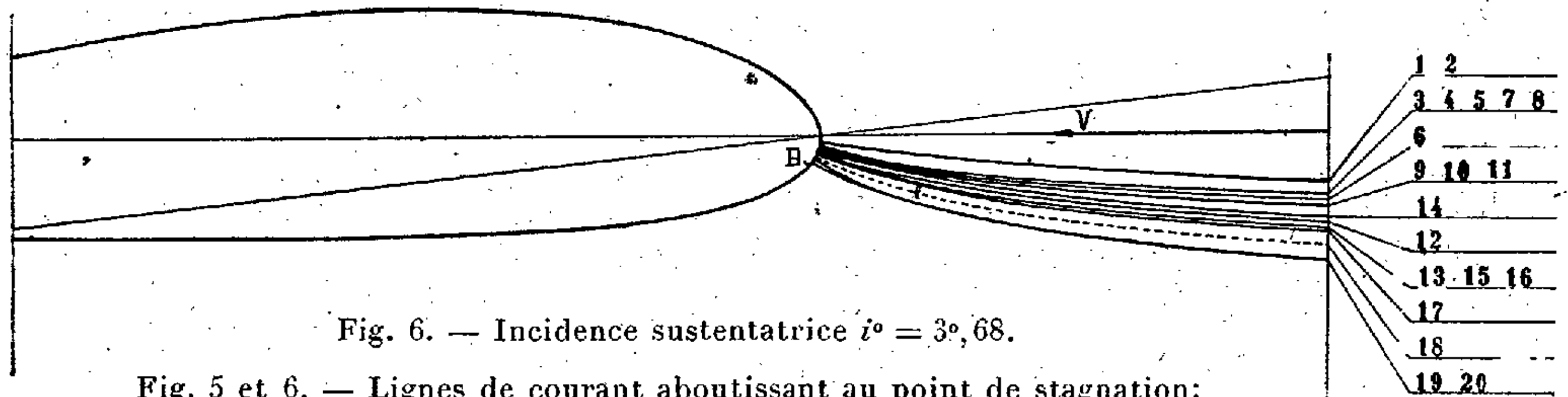


Fig. 6. — Incidence sustentatrice $i^\circ = 3^\circ,68$.

Fig. 5 et 6. — Lignes de courant aboutissant au point de stagnation; évolution en fonction de la hauteur h du tunnel et de la vitesse V du courant.

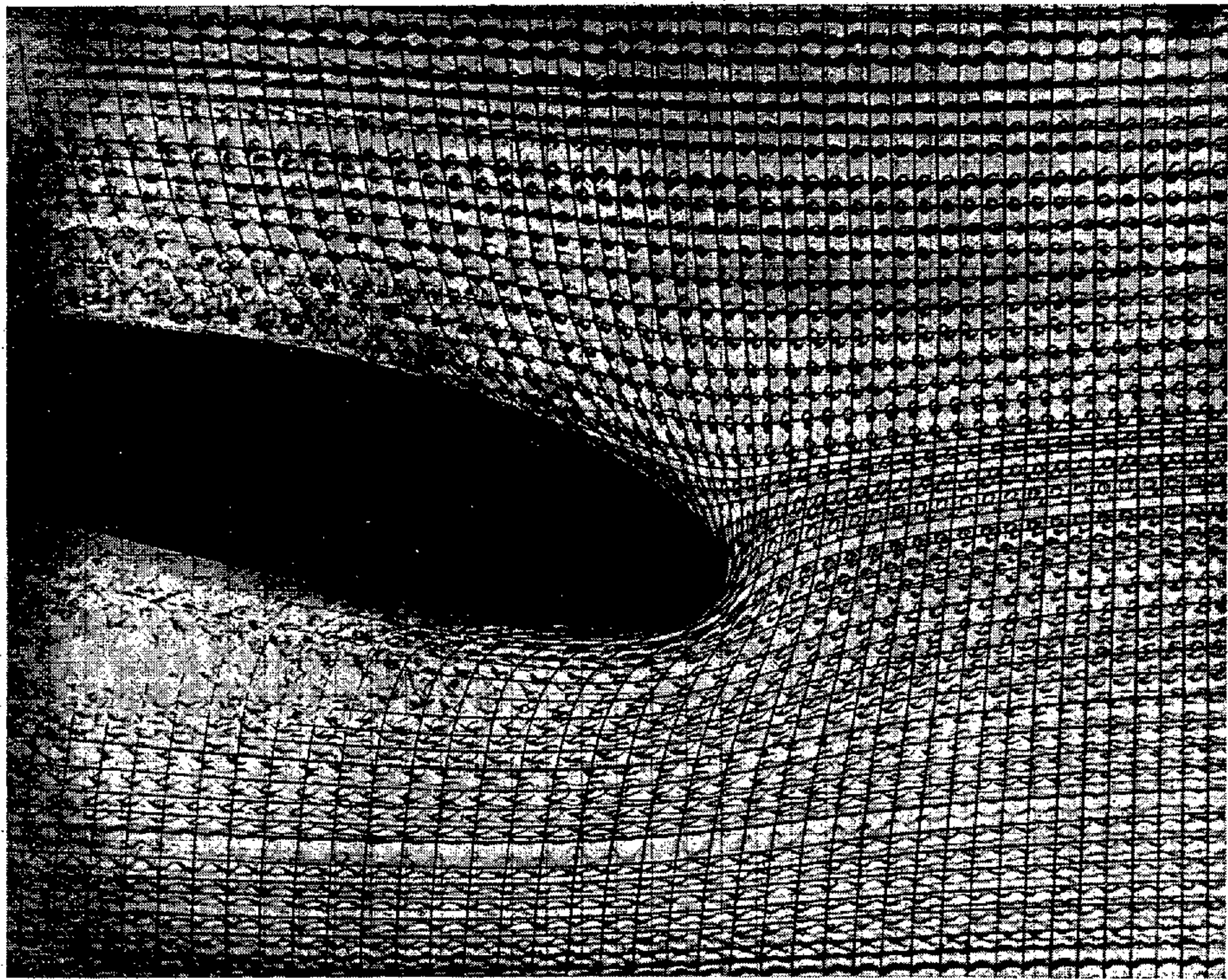


Fig. 7. — Spectre bidimensionnel avec lignes de courant et lignes isochrones, d'une aile Joukowski à l'incidence de sustentation nulle (temps de pose 10^{-6} sec).

nous avons obtenus au tunnel hydrodynamique dans des conditions d'expériences fort différentes, afin de montrer leur évolution en fonction de la distance h des parois horizontales du tunnel et de la vitesse V du courant; et ceci dans le cas où la circulation est nulle ($i^0 = -8^\circ,2$; *fig.* 1, 2 et 5) et dans le cas d'une incidence sustentatrice ($i^0 = 3^\circ,68$; *fig.* 2, 4 et 6).

Nous publions ci-dessous (*fig.* 7) le spectre que nous avons utilisé pour nos mesures concernant les mouvements à deux dimensions : $h = 16^{mm}$, $V = 72,1$ cm/sec; nombre de Reynolds, 250 000 (1).

DYNAMIQUE STELLAIRE. — *Sur l'équilibre des amas d'étoiles lorsqu'on néglige la rotation différentielle.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jean Chazy.

I. J'ai étudié (1) l'équilibre d'un groupement stellaire en équilibre cinétique (ou statistique), c'est-à-dire en tenant compte des passages mutuels des étoiles de ce groupement. J'avais introduit dans l'expression de U_1, potentiel de gravitation de la voie lactée, un terme en ξ^2 dont le coefficient α est proportionnel à la constante A de la rotation différentielle de la galaxie en distance au centre.

Par contre j'avais négligé le terme en ζ^2 de U_1.

J'étudie ici le cas où l'on néglige α et où l'on introduit au contraire ce terme en ζ^2.

Adoptons les mêmes notations que dans la Note précitée, mais posons

$$U_1 = -\frac{1}{2}\, n^2[(\xi + R_0)^2 + \eta^2] - \frac{1}{2}\, \alpha'\zeta^2.$$

J. H. Oort (2) a évalué la force perpendiculaire au plan galactique exercée par la galaxie sur une masse unité de cote ζ. Il a vérifié que cette force est proportionnelle à ζ. De ce travail de Oort on peut déduire la valeur numérique de α'

$$\alpha' = +5,65.10^{-15},$$

les unités étant le parsec, l'année et la masse du Soleil.

(1) *Comptes rendus,* 205, 1937, p. 956.

(1) *Comptes rendus,* 204, 1937, p. 1620.

(2) *Bull. of Netherlands,* 6, 1932, p. 249.

II. J'ai établi que les conditions d'équilibre d'un amas dans ce champ sont

$$a^2\beta_1 = b^2\beta_2 = c^2(\alpha' + \beta_3).$$

On en déduit que l'amas est de révolution autour de $C\zeta$ et aplati suivant cet axe, et que la densité ρ_0 de l'amas est liée à son aplatissement par la relation

$$\frac{\alpha'}{\pi f \rho_0} = g(\varphi) \qquad \text{où} \qquad \frac{c}{a} = \cos\varphi$$

et

$$g(\varphi) = \frac{2}{\cos\varphi . \sin^3\varphi}\left[\varphi(1 + 2\cos^2\varphi) - 3\sin\varphi\cos\varphi\right].$$

Dans le cas actuel, ρ_0 peut prendre toutes les valeurs positives, la densité est de quelques soleil-parsec^{-3} pour les faibles aplatissements.

III. On peut calculer tous les caractères d'un amas en fonction de son aplatissement et du nombre N de ses étoiles, on trouve que a et c sont de la forme

$$a = N^{\frac{1}{3}} a'(\varphi), \qquad c = N^{\frac{1}{3}} c'(\varphi),$$

où a' et c' ne dépendent que de φ. c' est nul pour $c/a = 0$ et $c/a = 1$ et atteint un maximum de 0,645 parsec pour $c/a = 0,37$.

Un amas d'une centaine d'étoiles et d'aplatissement compris entre 0,6 et 0,95 a, d'après les formules précédentes, un rayon moyen de 2,5 parsecs, résultat conforme à l'observation.

Pour un amas de ce type, la dispersion des vitesses dans l'amas est environ 0,2 kmsec^{-1}.

Ainsi l'introduction du terme en ζ^2 dans l'expression de U ne modifie pas les conclusions de notre précédente Note.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les orbites absolues de Gyldén.* Note de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous avons indiqué (1) que les longitudes ω, ϖ du nœud et du périastre d'une orbite décrite dans un champ de forces du type $U = 1/r + \varepsilon\Omega(r, \sin^2\varphi)$ sont exprimables, pendant un temps arbitrairement long mais limité, comme la somme d'un terme linéaire en t et d'une fonction quasi-périodique

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1042.

de t à deux fréquences fondamentales. Cela résulte du remplacement de l'orbite réelle de la planète par une autre orbite dite *orbite absolue*, dont les conditions initiales sont susceptibles d'être choisies de manière que l'écart entre l'orbite absolue et l'orbite réelle soit arbitrairement petit pendant un temps arbitrairement long.

L'idée des *orbites absolues* est due à Gyldén, mais elle n'a pu être exploitée à cause de certaines erreurs commises par ce savant ([2]). Gyldén se proposait, avant tout, de *représenter les coordonnées des planètes par des séries de Fourier généralisées, possédant la convergence absolue et uniforme*, la variable indépendante étant la longitude v de Hansen ou le temps. Pour atteindre son but, il supposait chaque planète mobile dans un champ de gravitation simplifié, de manière à ne tenir compte que des inégalités séculaires et des inégalités à longues périodes. Il substituait ensuite, aux conditions initiales réelles du problème, des conditions initiales voisines déterminées par une méthode *horistique* et arrivait, par approximations successives, à des développements trigonométriques où les coefficients des termes et des arguments procédaient suivant les puissances d'un petit paramètre (dans les champs envisagés par nous, ces coefficients auraient été analytiques en ε). Chaque trajectoire ainsi obtenue portait la dénomination d'*orbite absolue*.

Malheureusement la convergence des séries, que Gyldén avait cru assurer en prenant des conditions initiales *horistiques*, n'avait pas lieu. M. Levi-Civita a même prouvé, récemment, qu'il n'existe pas habituellement de familles analytiques de solutions quasi-périodiques dans les systèmes canoniques. Il fallait donc reprendre sur une autre base l'idée des orbites absolues.

En nous appuyant sur la théorie des mouvements récurrents de M. Birkhoff, et sur le fait que tout mouvement quasi-périodique est récurrent, nous avons démontré l'existence d'orbites absolues.

Il se trouve, en particulier, que, dans les champs de gravitation fixes ayant un axe de révolution et un équateur, champs auxquels nous avons fait allusion au début de la Note, les coordonnées d'un point qui décrirait une trajectoire récurrente s'expriment presque toujours, en fonction de la longitude v, de la longitude θ ou du temps, par des séries de Fourier tripériodiques, absolument et uniformément convergentes, mais non analytiques en ε. Ces résultats s'obtiennent assez simplement grâce à

([2]) Voir une étude critique de Poincaré dans *Acta Math.*, 29, 1905, p. 235-272.

l'élimination de la longitude équatoriale θ entre les équations du mouvement, élimination possible seulement si U ne contient pas θ. Le problème étant ainsi réduit à deux degrés de liberté (r, φ), on se donne la constante des forces vives et l'on fait correspondre les mouvements récurrents aux systèmes invariants de courbes fermées dans les *surfaces de section* de M. Birkhoff ([3]), surfaces que les circuits successifs du point mobile transforment en elles-mêmes.

Si l'on considère des champs de forces plus compliqués, il existe des orbites récurrentes qui sont quasi-périodiques, et même *absolues* au sens de Gyldén, car leurs séries de Fourier convergent absolument et uniformément. Leurs fréquences sont au nombre de trois, pouvant se réduire à deux, si le champ de forces rentre dans la catégorie

$$U = \frac{1}{r} + \varepsilon\Omega(r, \sin^2\varphi, \sin\theta, \cos\theta)$$

(anneaux elliptiques de Gauss), et au nombre de quatre, pouvant se réduire à trois ou deux, si le champ de forces appartient à la catégorie

$$U = \frac{1}{r} + \varepsilon\Omega(r, \sin^2\varphi, \sin\theta, \cos\theta, \sin n't, \cos n't)$$

(n', moyen mouvement de la planète troublante). Mais ces orbites récurrentes ne sont pas les seules : il en est d'autres qui ne sont pas quasi-périodiques, et dont on ne peut pas dire si elles sont, ou non, plus générales que les premières.

Quel que soit le champ de gravitation où l'on se place, *il est impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de déterminer pratiquement les séries de Fourier qui représentent les coordonnées sur une orbite quasi-périodique*, et l'on doit se contenter d'une représentation approchée, faite, par exemple, au moyen des méthodes de MM. Kryloff et Bogoliouboff. Les approximations obtenues par ces méthodes donnent la même allure aux orbites absolues et aux orbites réelles. Ajoutons que les travaux de leurs auteurs nous ont fourni un critère ([4]) pour affirmer la quasi-périodicité des mouvements récurrents par rapport à la longitude et au temps.

([3]) *Acta Math.*, 43, 1922, p. 1-119.

([4]) *Les méthodes de la Mécanique non linéaire appliquées à la théorie des oscillations stationnaires*, Kieff, 1934, p. 88.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique des minima d'Algol.* Note [1] de M. TCHENG MAO-LIN, présentée par M. Charles Fabry.

1. Nordmann a annoncé en 1908 que les minima d'Algol et de λ Tauri se produisaient plus tard pour les radiations bleues que pour les radiations rouges [2]. A la même époque, Tikhov observait un effet analogue, mais moins marqué, sur RT Persei et W Ursæ-Majoris [3], et, plus tard, d'autres observateurs obtinrent des résultats semblables pour un grand nombre d'étoiles à éclipses [4]. Après avoir tenté d'interpréter le *phénomène de Tikhov-Nordmann* par la dispersion de la lumière dans l'espace, on a cherché son explication dans les atmosphères mêmes des étoiles.

Pourtant des mesures photométriques récentes d'Hellerich [5] n'indiquent aucun décalage entre les minima de U Cephei et RZ Cassiopeiæ observés en lumière rouge et en lumière bleue (6300 et 4300 Å environ). Dans le cas d'Algol, du reste, les décalages trouvés diffèrent beaucoup d'un observateur à l'autre :

d'après Nordmann (mesures visuelles 1908), 16 minutes entre 6800 et 4300 Å, 9 minutes entre 5100 et 4300 Å;

d'après Hnatek (spectrophotométrie photographique 1910) [6], 4 minutes et demie entre 4350 et 3850 Å;

d'après Mustel (mesures visuelles 1933) [7], 12 minutes entre 5900 et 5100 Å.

Je me suis proposé de reprendre l'étude des minima de cette variable par une méthode spectrophotométrique permettant de faire porter les mesures simultanément sur un grand nombre de radiations, dans un domaine spectral étendu.

2. Au voisinage d'un minimum d'Algol, des poses de courte durée sont faites presque sans interruption sur une même plaque avec un prisme-

---

(1) Séance du 29 novembre 1937.

(2) CH. NORDMANN, *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 384.

(3) G. A. TIKHOV, *Mitteilungen, Pulkowo*, 2, 21, 1908, p. 141.

(4) Y. COX et J. F. COX, *Bulletin de l'Oservatoire de Lyon*, 9, 1927, p. 113.

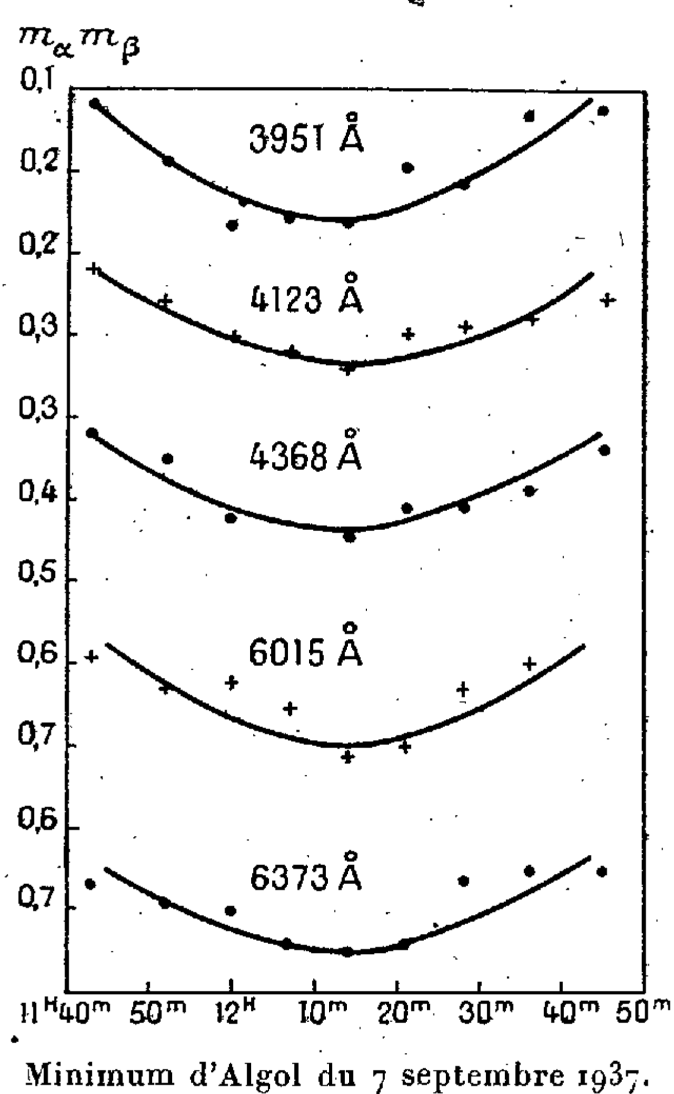
(5) J. HELLERICH, *Astronomische Nachrichten*, 256, 1935, col. 405; 261, 1936, col. 121.

(6) HNATEK, *Astronomische Nachrichten*, 184, 1910, col. 306.

(7) E. R. MUSTEL, *Russian Astronomical Journal*, 11, 1934, p. 1.

objectif. Des poses de graduation de même durée sont aussi faites sur cette plaque en visant l'étoile α Persei et en plaçant contre le prisme des diaphragmes d'ouvertures variées, ayant tous même largeur dans la direction perpendiculaire à l'arête du prisme. Chaque cliché porte enfin des poses faites sur α Persei à différentes distances zénithales, qui servent à déterminer, pour chaque longueur d'onde, la densité optique de l'atmosphère au zénith.

L'étude des clichés au microphotomètre permet de tracer les courbes de noircissement relatives à un grand nombre de radiations, puis les courbes de lumière monochromatiques de la variable. Les observations sont corrigées de l'absorption atmosphérique et toutes ramenées à une distance zénithale arbitrairement choisie.



Minimum d'Algol du 7 septembre 1937.

3. J'ai pu observer ainsi 4 minima d'Algol le 16 août 1936, les 7, 10 septembre 1937, le 12 novembre 1937. Pour le premier, j'ai utilisé une plaque Guilleminot *Superfulgur;* les poses étaient de trois minutes et la région utilisable du spectre s'étend de 3900 à 4800 Å. Pour les deux minima suivants, j'ai employé des plaques panchromatiques Agfa *I.S.S.* (poses 6 minutes, région utilisable 3900-6400 Å). Enfin, pour le dernier minimum, observé par clair de Lune, j'ai employé des plaques Ilford

hypersensitives, avec un écran jaune, pour éviter le voile du fond de la plaque (poses 6 minutes); les mesures sont ainsi restreintes à l'intervalle 4900-6500 Å.

L'étude de ces clichés ne fait apparaître aucun décalage appréciable entre les époques de minima relatifs aux diverses radiations; le minimum correspond toujours à la même pose (de 3 ou 6 minutes) pour l'ensemble du spectre. La figure ci-contre montre, à titre d'exemple, quelques-unes des courbes de lumière monochromatiques tracées le 7 septembre 1937. Le ciel était pur et les points obtenus en portant en abscisses λ^{-4}, en ordonnées les densités optiques de l'atmosphère au zénith, se placent bien sur une droite (sauf dans la région d'absorption sélective de l'ozone), dont la pente est à peine supérieure à la valeur qui correspondrait à la diffusion moléculaire.

On peut conclure de l'ensemble de ces observations que, pour toutes les radiations de l'intervalle 3900-6500 Å, le minimum d'Algol se produit au même instant à 1 ou 2 minutes près.

ACOUSTIQUE. — *Mesure de la vitesse du son dans les liquides par une méthode de résonance*. Note de M. **Constantin Sălceanu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons appliqué la méthode de résonance indiquée par Bungetzianu [1] pour la mesure de la vitesse du son dans divers liquides. Le principe de cette méthode consiste en ce que, si une onde sonore de période donnée se propage dans la masse d'un liquide, on peut toujours isoler une portion cylindrique de ce liquide, dans des conditions telles qu'elle constitue un résonateur pour le son considéré.

Bungetzianu a étudié complètement le problème de la résonance des liquides au point de vue théorique et a réalisé un dispositif expérimental pour vérifier ses déductions théoriques. Malheureusement, son travail expérimental n'est pas complet, l'auteur se bornant à étudier son appareil, à vérifier la formule qui donne la vitesse pour divers tubes employés et à donner les valeurs des colonnes de résonance dans le cas de quelques liquides. La vitesse du son n'est donnée que pour l'eau.

Notre dispositif expérimental, qui sera décrit autre part, tout en restant

(1) *Résonance des liquides, Vitesse du son dans les liquides.* Bucarest, 1914.

en principe l'appareil employé par Bungetzianu, en diffère par les détails; son emploi rend les mesures beaucoup plus aisées et la manipulation plus simple.

La vitesse du son dans un milieu indéfini, V, est donnée d'après Bungetzianu par la formule $V = W \times U$. Dans cette formule $W = 2yN$ est la vitesse du son dans le milieu limité. Elle est égale au produit du double $2y$ de la colonne de résonance du liquide employé par le nombre N de vibrations du son. Le facteur U contient la valeur de la correction par laquelle il faut multiplier la vitesse W du son dans le milieu limité pour obtenir la vitesse du son dans le milieu indéfini. Ce facteur est de la forme

$$U = \sqrt{\left[1 + a\left(1 + \frac{b}{z}\right)\right]},$$

où $a = 2(1+\sigma)/\beta E$, $\sigma = 0,25$, β est le coefficient de compressibilité de la substance, E est le module d'élasticité du verre du tube, $b = 1 - \sigma = 0,75$, $z = x(1 + x/z)$, où x est le rapport entre l'épaisseur de la paroi et le rayon intérieur du tube.

Nous avons employé un tube dont le module d'élasticité avait été déterminé par Bungetzianu par la méthode de la poudre de Kundt ($E = 6607$ kg/mm^2). Le nombre N de vibrations par seconde de l'onde propagée a été mesuré comme le faisait Bungetzianu, à l'aide des colonnes de résonance de l'air remplissant le tube de verre, et contrôlé ensuite par des diapasons.

Les positions de résonance du liquide dans le tube ont été trouvées de la même manière que Bungetzianu, c'est-à-dire par voie d'audition. Entre deux positions de résonance du liquide, provoquées par la note fondamentale de la lame vibrante (empruntée à un instrument de musique) qui constitue la source sonore, s'intercalent toujours des renforcements du son dans le liquide, d'amplitude beaucoup moindre. Ils sont dus probablement aux harmoniques du son produit, peut-être à des vibrations parasites de la colonne d'air, ou encore aux vibrations propres des molécules du liquide. Par un enregistrement graphique en cours de réalisation on étudiera ces renforcements pour divers liquides.

Le tableau suivant montre que le produit Ny reste constant pour diverses notes musicales employées. Les harmoniques de ces notes ne troublent pas les mesures.

Substance : Eau ($t = 21°,5$ C.).

N pér./sec.	γ en mètre.	Constante.
1032 (*do*$_5$)	0,657	678,0
1160 (*ré*$_5$)	0,584	677,4
1282 (*mi*$_5$)	0,530	679,4
1372 (*fa*$_5$)	0,494	677,9
1528 (*sol*$_5$)	0,444	678,4
1960 (*si*$_5$)	0,346	678,1
2608 (*mi*$_6$)	0,260	678

Les résultats obtenus pour quelques liquides, dont nous avons trouvé les valeurs du coefficient de compressibilité dans les Tables de constantes physiques, sont donnés par le tableau suivant (N = 1528 pér./sec) :

Substance.	Température.	γ (m).	$\beta.10^6$.	U.	W (m/s).	V (m/s).	V_c (m/s).
Eau	21°,5	0,444	46,6	1,082	1356	1468	1463
Chlorométhane (tétra).	20,0	0,289	91	1,042	883	920	948
Sulfure de carbone	»	0,352	91	1,042	1076	1121	1074
Alcool méthylique	»	0,348	113	1,034	1063	1099	–
» éthylique	»	0,367	104	1,037	1121	1162	1161 (93%)
» propylique	»	0,382	91	1,042	1167	1216	–
» butyrique	»	0,392	99	1,039	1198	1245	–
Éther éthylique	»	0,316	184	1,021	966	987	958
Glycérine	»	0,500	25	1,148	1528	1754	–
Acétone	»	0,367	120	1,032	1121	1156	–
Heptane normal	»	0,360	134	1,029	1100	1132	–
Iso-octane (triméthyl-pentane-2.2.3)	»	0,343	121	1,032	1048	1081	–
Chloroforme	»	0,308	94	1,041	941	980	975
Benzène	»	0,404	93	1,042	1235	1287	1280
Toluène	»	0,405	86	1,045	1238	1294	1250
Xylène	»	0,406	80	1,048	1240	1299	–
Aniline	»	0,488	36,1	1,104	1491	1646	–

La dernière colonne de ce tableau contient les vitesses du son dans quelques liquides mesurées par A. Cişman [2] par une méthode directe (de 17 à 23°).

La concordance des résultats montre que la méthode indirecte de Bungetzianu, basée sur le phénomène de résonance des liquides, donne des valeurs satisfaisantes de la vitesse du son dans les liquides.

---

[2] *Journ. de Phys. et Le Radium*, 6e série, 7, 1926, p. 345-352; *Annales scientifiques de l'Université de Jassy*, 15, I-II, 1926, p. 89.

CHALEUR. — *Sur la température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression.* Note de MM. **Albert Zmaczynski** et **Albert Bonhoure**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons exprimé la température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression [1], dans l'intervalle de 680^{mm} à 830^{mm} de mercure, par l'équation suivante :

$$\theta = 57,2587 + 79,3722.10^{-3}p - 35,5273.10^{-6}p^2 + 6,6950.10^{-9}p^3,$$

où θ représente la température dans l'échelle normale du thermomètre à hydrogène, et p la pression en millimètres de mercure.

Au cours de nouvelles recherches entreprises par l'un de nous (Zmaczynski), on a constaté que le coefficient de température α des résistances du pont de Smith, qui, associé à deux thermomètres à résistance de platine, avait servi autrefois à la mesure des températures [1], était erroné.

Une étude spéciale de ce coefficient a donné la valeur $\alpha = 24.10^{-6}\theta$ au lieu de celle : $\alpha = 7.10^{-6}\theta$ qui avait été indiquée par le constructeur du pont et utilisée jusque-là.

L'application de ce nouveau coefficient aux mesures que nous avions exécutées en 1929 au Bureau international des Poids et Mesures nous a conduits à remplacer la formule ci-dessus par la suivante :

$$\theta = 100 + 36,8863.10^{-3}(p-760) - 20,017.10^{-6}(p-760)^2 + 15,33.10^{-9}(p-760)^3.$$

Les températures calculées à l'aide de cette dernière formule sont un peu différentes de celles qui ressortaient de la relation donnée autrefois; les écarts, qui vont de $+0,004$ degré pour $p = 675^{mm}$ à $-0,002$ degré, pour $p = 825^{mm}$, dépassent sensiblement les erreurs possibles des expériences.

PHOTOMÉTRIE. — *Nouvelle méthode objective de photométrie hétérochrome.* Note de M. **Jacques Vorobeitchik**, présentée par M. Charles Fabry.

Cette méthode a pour but d'essayer d'apporter une solution objective au problème important de photométrie hétérochrome, que pose le passage des étalons primaires d'intensité lumineuse aux étalons secondaires.

Elle est basée sur le principe d'addition des flux de rayonnements ayant

[1] A. Zmaczynsky et A. Bonhoure, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1069.

des températures de couleurs différentes, utilisé par MM. Baillaud et Séférian. Elle n'implique par conséquent que des mesures hétérochromes faites une fois pour toutes.

Comme l'a montré M. Ch. Fabry, lorsque l'on mélange dans des proportions convenables deux rayonnements ayant des températures de couleur T et T', la composition spectrale du rayonnement résultant peut être rendue sensiblement la même que celle d'un rayonnement ayant une température de couleur T_1, intermédiaire entre T et T'. Dans ces conditions, si l'on dispose de deux lampes étalons, l'une ayant la température de couleur T, l'autre la température T', il est possible d'obtenir en mélangeant les rayonnements de ces deux lampes un rayonnement de référence dont on connaît l'intensité lumineuse et dont la température de couleur peut varier de T à T'. Dès lors la mesure de l'intensité lumineuse d'une lampe ayant la température de couleur T_1 peut être effectuée par l'une des méthodes de photométrie objective homochrome si l'on utilise, pour la mesure, le rayonnement de référence ayant la même température de couleur T_1.

Le problème se ramène donc à l'estimation objective de l'égalité des températures de couleur du rayonnement de la lampe à étudier et du rayonnement de référence.

Or, comme la composition spectrale de ces rayonnements est définie par un seul paramètre, une seule mesure suffit pour contrôler cette égalité. La mesure du rapport rouge-bleu convient particulièrement pour ce contrôle : autrement dit, si les deux rayonnements ont le même rapport rouge-bleu, ils ont la même température de couleur.

Le dispositif expérimental comporte une plaquette munie de trois cellules photoélectriques à couche d'arrêt. Deux d'entre elles sont destinées au contrôle de l'égalité des températures de couleur des rayonnements à comparer. Précédées, l'une d'un filtre rouge, l'autre d'un filtre bleu, elles sont montées en pont de Wheatstone, pour permettre d'effectuer la détermination du rapport rouge-bleu par la méthode de zéro (galvanomètre de couleur).

Lorsque l'égalité des températures de couleur est obtenue, la comparaison des intensités lumineuses des deux rayonnements se fait au moyen de la troisième cellule; celle-ci est montée dans un circuit potentiométrique, pour permettre d'effectuer la mesure, également, par la méthode de zéro (galvanomètre d'intensité).

Le mode opératoire est le suivant :

1° On expose la plaquette photo-sensible au rayonnement de la lampe à étudier, placée à une certaine distance, et l'on amène à zéro le galvanomètre de couleur, en réglant le pont de Wheatstone.

2° On expose alors la plaquette au rayonnement de référence et, sans toucher au réglage du pont, on amène à zéro le galvanomètre de couleur en faisant varier les proportions dans lesquelles les rayonnements des lampes étalons sont mélangés.

Cela étant, le rayonnement de référence a la même température de couleur que le rayonnement de la lampe à étudier. On amène alors à zéro le galvanomètre d'intensité en agissant sur le réglage du potentiomètre.

3° On expose la plaquette à nouveau au rayonnement de la lampe à étudier et l'on amène à zéro le galvanomètre d'intensité en déplaçant la lampe.

Afin d'accroître la précision des mesures, on a intérêt à utiliser les cellules photoélectriques dans les mêmes conditions d'éclairement pour les deux rayonnements. Ceci peut être obtenu en répétant une nouvelle fois les opérations indiquées ci-dessus, la lampe à étudier occupant la position résultant de la première mesure.

Enfin, si l'on veut réduire l'erreur pouvant résulter du fait que le rayonnement de référence n'est pas rigoureusement identique au rayonnement de la lampe à étudier, une adaptation approximative à la courbe de sensibilité spectrale de l'œil de la cellule photoélectrique utilisée pour la mesure de l'intensité lumineuse permet d'atteindre ce résultat.

Le dispositif décrit ci-dessus sert actuellement à des mesures; il sera intéressant de comparer les résultats obtenus avec ceux donnés par la méthode spectrophotométrique, notamment celle proposée par M. G. Ribaud, et qui n'exige qu'une seule mesure spectrophotométrique, faite pour la longueur d'onde de Crova.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de la transmission de la blende et de quelques dérivés halogénés du cuivre et du cadmium dans l'infrarouge lointain.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Nous avons étudié, par la méthode des rayons restants, la transmission de la blende et des composés CuCl, CuBr et CuI, qui cristallisent dans le même système.

Nous avons déposé ces corps pulvérisés entre deux plaques de paraffine

de transmissions connues. Nous avons observé, pour chaque composé, une seule bande fondamentale ; les longueurs d'onde λ_0 de ces bandes sont :

Corps	ZnS.	CuCl.	CuBr.	CuI.
$\lambda_0(\mu)$	33	53	57	58

Les vibrations du réseau cristallin de la blende avaient été étudiées par Born et Bormann [1]. La cellule de base comprenait deux particules et il est alors facile de prévoir la présence des bandes que nous avons observées.

D'autre part, en supposant entre deux ions placés à une distance r une énergie potentielle mutuelle de la forme

$$\varphi(r) = \pm \frac{(ze)^2}{r} + \frac{b}{r^n},$$

z étant la valence des ions, e la charge de l'électron, b une constante et n un exposant que l'on peut calculer à partir de la compressibilité χ du cristal, ces auteurs ont montré que l'on avait les relations :

$$c_{11} = \frac{e^2}{\delta^4} f_1(n, \beta), \tag{1}$$

$$\lambda_0 = \frac{4\pi c}{F} \sqrt{\frac{M_1 M_2}{\rho f(n, \beta)}}, \tag{2}$$

c_{11} étant une constante d'élasticité, $f_1(n, \beta)$ et $f(n, \beta)$ des sommes qu'ils ont définies et où entre un paramètre β.

Pour la blende on trouve $n = 5$; comme c_{11} est connu ($9,43 \cdot 10^{11}$ C.G.S.), l'équation (1) donne pour $\beta - 1,55$. L'équation (2) donne alors

$$\lambda_0 = 28^{\mu},8,$$

ce qui est en bon accord avec notre résultat expérimental.

Dans une étude conduite suivant un autre procédé, Born [2] attribue à la longueur d'onde fondamentale une valeur beaucoup plus grande, $\lambda_0 = 53^{\mu},5$. La différence tient sans doute à ce que cette méthode fait dépendre λ_0 de $\varepsilon - \varepsilon_0$, différence entre la constante diélectrique statique et la valeur de la constante diélectrique dans la région infrarouge où l'influence de la réflexion sélective ne se fait pas encore sentir. Or ε et ε_0 sont calculées à partir de la courbe du pouvoir réflecteur de la blende et dépendent par suite de l'état de la surface sur laquelle on a expérimenté.

---

(1) *Ann. d. Phys.*, 62, 1920, p. 218.

(2) *Atomtheorie des festen Zustandes*, Berlin, 1923, p. 629.

Nous avons, de plus, en utilisant les formules précédentes, déterminé les longueurs d'onde fondamentales de CuCl, CuBr et CuI, en prenant arbitrairement $\beta = 1$, car les valeurs de n, pour ces composés, étant élevées, cela ne conduit pas à de graves erreurs (³). Voici les résultats obtenus :

Corps.	$\chi \times 10^{12}$.	n.	λ_0 (calculée).	λ_0 (observée).
CuCl	2,51	10,9	47,85 μ	53 μ
CuBr	2,93	10,96	58,38	57
CuI	2,81	13,6	59,41	58

On voit que la théorie de Born conduit à de bons résultats.

Nous avons, d'autre part, examiné si les formules de Madelung et de Lindemann permettaient de retrouver nos valeurs expérimentales. Voici les nombres que nous avons obtenus, les constantes (K) de ces formules ayant été déterminées à partir de la longueur d'onde de CuI.

	Madelung ($K = 9{,}5.10^5$).	Lindemann ($K = 1{,}73.10^2$).	
Corps.	λ_0 (μ).	T_s.	λ_0 (μ).
CuCl	41,6	707	43
CuBr	51	777	58
CuI	(58)	901	(58)
ZnS	31	–	–

On voit que les valeurs calculées par ces formules sont bien de l'ordre de grandeur observé.

II. Nous avons étudié par la même méthode la transmission du chlorure et du bromure de cadmium. Nous avons trouvé, pour chaque corps, une bande d'absorption dont voici la longueur d'onde :

Corps.	$CdCl^2$.	$CdBr^2$.
$\lambda_0(\mu)$	45	64

En conservant pour la constante de la formule de Lindemann la même valeur que plus haut, il vient :

Corps.	$CdCl^2$.	$CdBr^2$.
T_s	841	856
λ_0 (calculé en μ)	52	69

(³) Born, *Ann. d. Phys.*, 61, 1920, p. 99.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une méthode pour l'étude de la structure hyperfine et de la largeur des raies d'absorption.* Note de MM. **Michel Duffieux** et **Jean Bollot**, présentée par M. Charles Fabry.

L'étude de la structure hyperfine ou de la largeur d'une raie d'émission se fait habituellement avec deux appareils à dispersions croisées. L'un est un spectrographe qui sert de monochromateur ou de séparateur de raies; l'autre est un appareil interférentiel (étalon à lames argentées, échelon ou lame de Lummer et Gehrcke) de grand pouvoir séparateur, dont les franges s'alignent le long des raies séparées par le premier. Le choix des dispersions de l'un et de l'autre dépend uniquement du spectre étudié. Il suffit que le spectrographe séparateur isole les unes des autres les raies que l'on veut analyser par l'appareil interférentiel. D'autre part l'intervalle spectral $\Delta_1\lambda$ isolé par ce dernier entre deux franges successives doit rester supérieur à la largeur totale des raies étudiées afin d'éviter des superpositions. Or cet intervalle est un multiple assez faible (10 à 25) de la plus petite largeur résoluble $\delta_1\lambda$. La faible valeur du pouvoir relatif de résolution $\Delta_1\lambda/\delta_2\lambda$ est le plus gros défaut du système. Son principe même en interdit l'emploi pour les raies d'absorption.

Pour augmenter ce pouvoir relatif de résolution il suffit d'intercaler entre le séparateur et l'appareil interférentiel du montage précédent un deuxième appareil interférentiel de puissance intermédiaire produisant dans le spectre de fines cannelures. Les domaines spectraux et les pouvoirs de résolution des trois appareils doivent alors être coordonnés. En mettant les choses au mieux, la largeur d'une cannelure, qui est égale à l'intervalle $\delta_2\lambda$ résoluble par l'appareil n° 2, doit être au plus égale à l'intervalle spectral $\Delta_1\lambda$ du n° 1. Ces cannelures doivent être non seulement distinguées, mais *isolées* par le séparateur, qui doit donc séparer, au sens habituel du mot, deux raies distantes de la moitié du domaine spectral $\Delta_2\lambda$ du n° 2.

Utilisé pour les raies fines d'émission ce nouveau montage offre *a priori* un pouvoir de résolution relatif beaucoup plus élevé que le premier. Il suffit que la largeur totale de la raie ne dépasse pas le domaine spectral $\Delta_2\lambda$ du n° 2. Le pouvoir relatif de résolution $\Delta_2\lambda/\delta_1\lambda$ peut aller de 100 à 625; le tracé, sans correction, d'une courbe de répartition d'intensité dans une raie est possible. Pour les raies d'émission la coordination des deux appareils interférentiels est seule obligatoire. Dans le cas où les trois appa-

reils sont coordonnés, le montage est utilisable pour les raies d'absorption puisqu'il ne se produit nulle part de superposition.

Au cours de ces dernières années nous avons construit un appareil d'essai sur lequel nous avons essayé de résoudre les difficultés que posent l'optique et la mécanique de ce montage. Le séparateur est un beau réseau plan de Rowland de 82360 traits qui nous a été prêté par M. H. Buisson. Il est monté en autocollimation avec un objectif de 250^{cm} de distance focale. L'appareil interférentiel n° 1 est un étalon à lames argentées de 48^{mm} d'ouverture, d'épaisseur et de pouvoir de résolution variables. L'appareil n° 2 à cannelures est un échelon de Michelson comportant douze lames de 10^{mm}, malheureusement insuffisant encore pour le séparateur. Ces deux appareils sont placés à la suite en avant du séparateur entre un collimateur à fente de 120^{cm} de distance focale et un objectif de 60^{cm} de distance focale projetant sur la fente du séparateur les systèmes de franges des appareils interférentiels. Nous avons choisi l'échelon comme appareil à cannelures à cause de la faible courbure de ses franges. Il est facile de la compenser en imposant à la fente du collimateur une courbure apparente inverse ([1]); les franges de l'échelon étant alors rectilignes peuvent coïncider exactement avec la fente du séparateur : la longueur d'onde moyenne est la même le long de chaque cannelure.

Le spectre direct du réseau est repris et projeté sur la plaque photographique par un objectif anamorphoseur. Étant donné la faible ouverture numérique des faisceaux et l'exiguïté du champ nous avons pu le constituer avec deux lentilles simples cylindriques. Une première lentille plan-concave de court foyer donne dans le sens de la dispersion un grandissement variable de 7 à 15. Une deuxième lentille plan-convexe donne dans le sens des raies un grandissement faible compris entre 1 et 2. Les cannelures sont ainsi suffisamment espacées pour éviter l'irradiation, chacune d'elles a une largeur suffisante pour le travail du microphotomètre, sans qu'il soit nécessaire d'élargir la fente du séparateur. Cependant l'éclairement reste suffisant pour permettre la mise au point oculaire avec le spectre du Soleil ou des raies intenses et larges, les franges produites le long des cannelures restent assez condensées pour que les mesures de photométrie photographiques aient un sens et les temps de poses restent d'une durée raisonnable.

Le long trajet de la lumière à travers les appareils (10^{m}), la grande lon-

([1]) *Bulletin de la Société scientifique de Bretagne*, **10**, 1933, p. 1.

gueur focale effective du séparateur (35^m), la précision des réglages exigent une très grande stabilité. Les appareils sont montés sur deux bancs d'optique parallèles de 7^m portés sur une poutre armée qui repose elle-même sur des massifs de maçonnerie.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du césium.* Note de M. **Raymond Ricard**, M[lles] **Marguerite Givord** et **Françoise George**, présentée par M. Charles Fabry.

Les spectres d'étincelle du césium ont été décrits par Dunoyer ([1]) et par Balasse ([2]). Une classification partielle du spectre Cs II a été proposée par Sommer ([3]). Olthoff et Sawyer ([4]) ont complété récemment cette classification et établi définitivement l'existence d'une quarantaine de termes, dérivés des configurations électroniques $5p^6$; $5p^5 6s$, $7s$, $8s$; $5p^5 6p$; $5p^5 5d$, $6d$, $7d$. Shaver ([5]) a étudié le même spectre dans l'ultraviolet de Schumann. Afin de compléter les données expérimentales, en séparant autant que possible les deux spectres Cs II et Cs III, nous avons photographié le spectre du césium dans l'intervalle 6000-900 Å. Ce spectre était excité par décharge sans électrodes dans la vapeur du métal, maintenue à la température de 200° C. Entre 2000 et 900 Å, les spectrogrammes étaient obtenus à l'aide d'un appareil à réseau dans le vide. Les raies observées ont été réparties en trois groupes suivant leur évolution à tension croissante.

Le premier groupe comprend seulement les raies d'arc, d'ailleurs peu nombreuses. Dans le second groupe, qui correspond assez exactement au groupe de moindre excitation de Balasse, on retrouve toutes les raies classées du spectre Cs II, ainsi qu'un grand nombre d'autres raies appartenant vraisemblablement au même spectre. Ayant identifié deux termes pairs nouveaux $x_3 = 180327,4$ et $y_3 = 197642,3$), nous avons pu classer un certain nombre de raies, figurant parmi les plus intenses du second groupe. Le tableau ci-après renferme les combinaisons ainsi reconnues (notation d'Olthoff et Sawyer). Les deux nouveaux termes appar-

([1]) *Journal de Physique*, 6e série, 3, 1922, p. 261.
([2]) *Journal de Physique*, 6e série, 8, 1927, p. 311.
([3]) *Annalen der Physik*, 75, 1924, p. 163.
([4]) *Physical Review*, 42, 1932, p. 766.
([5]) *Transactions Royal Society Canada*, 18, III, 1924, p. 23.

tiennent sans aucun doute à la configuration $5p^5(^2P_{1^1/_2})4f$; les transitions observées sont en effet celles qui peuvent être prévues par application des règles de sélection aux transitions $4f \rightarrow 5d$, les transitions $4f \rightarrow ns$ étant toutes interdites.

Int.	λ.	Combinaison.	$\nu_{obs.} - \nu_{calc.}$	
8	3751,40 Å	$x_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)5^0_3$	0,0	
7 d	3734,34	$x_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)4^0_3$	0,1	
10 d	3699,20	$x_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)3^0_2$	0,1	
5	3630,62	$x_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)2^0_2$	−0,2	(6)
10	2273,88	$y_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)5^0_2$	0,0	
10	2267,66	$y_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)4^0_3$	−0,2	
10	2254,61	$y_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)3^0_2$	0,2	
7	2228,94	$y_3 - (^2P_{1^1/_2}6d, 7s)2^0_2$	−0,4	
4 d	1501,3	$x_3 - (^2P_{1^1/_2}5d, 6s)3^0_3$	2,4	
6	1191,55	$y_3 - (^2P_{1^1/_2}5d, 6s)3^0_3$	2	
7	1178,65	$y_3 - (^2P_{1^1/_2}5d, 6s)2^0_2$	−.4	

Le troisième groupe de raies, beaucoup moins nombreuses, comprend notamment la plupart des raies de forte excitation de Balasse. Nous indiquons dans le tableau suivant les longueurs d'onde des plus caractéristiques d'entre elles, situées dans l'intervalle 2400-2000 Å.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
2	2396,86	2	2284,60	3	2187,88	8	2091,83
4	2390,02	2	2272,79	3	2186,31	8	2083,75
3	2387,26	3	2256,10	5	2182,13	7	2083,01
3	2380,15	2	2246,56	8	2163,54	8	2077,14
2	2359,23	3	2233,28	7	2146,75	8	2076,29
2	2356,12	5	2229,12	10	2141,30	3	2058,47
8	2351,74	2	2211,30	10	2131,85	1	2058,00
4	2344,38	3	2209,61	6	2127,69	3	2057,61
4	2337,88	8	2200,68	6	2109,11	4	2056,30
6	2321,1	6	2197,15	8	2101,49		

(6) Sommer indique deux raies très voisines, ayant pour longueurs d'onde 3630,71 et 3630,62 Å. Sur les spectrogrammes de la décharge sans électrodes, obtenus au moyen d'un appareil à prisme, on observe une seule raie dont l'évolution anormale révèle la complexité. Il est probable que la raie 3630,71 Å de Sommer appartient au spectre Cs III.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les désintégrations provoquées par les électrons de très grande énergie.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

J'ai étudié (¹) la probabilité pour qu'un électron de très grande énergie provoque une désintégration nucléaire. Le calcul, fait en partant du modèle de Hartree (particule nucléaire se déplaçant dans le champ moyen résultant de la présence de toutes les autres particules), conduit à une section efficace

$$\sigma_1 = 6{,}8\pi\alpha^2\left(\frac{e^2}{m_0c^2}\right)^2\frac{m_0c^2}{\varepsilon}Z\log\beta\frac{\xi^2 m_0c^2}{\varepsilon}, \tag{1}$$

où α désigne la constante de la structure fine; e, m_0 la charge et la masse de l'électron, c la vitesse de la lumière, $m_0c^2\xi$ l'énergie totale de l'électron incident, ε l'énergie moyenne de liaison de la particule nucléaire émise, Z le nombre nucléaire de l'élément considéré, enfin β un facteur numérique peu différent de l'unité.

Le modèle de Hartree ne peut être considéré que comme une approximation assez grossière. Bohr (²) a proposé un autre modèle, où tous les processus nucléaires sont traités comme un problème à un grand nombre de corps et non à un seul comme dans le modèle de Hartree. Il peut sembler intéressant d'examiner les modifications qu'il faut alors faire subir à ces calculs.

Si un photon γ de fréquence $h\nu$ tombe sur ce noyau, la section efficace de photodissociation (avec émission d'un neutron en général) est donnée, au moins pour les noyaux suffisamment lourds et pour les cas où la particule émise est suffisamment rapide, par

$$\sigma_p = \frac{k}{4}\frac{c^2\gamma_r}{h\nu^3}, \tag{2}$$

où k est un facteur numérique compris entre 100 et 1000 et où γ_r est la largeur du niveau excité correspondant aux diverses possibilités d'émission γ. On peut compter qu'en général γ_r est de l'ordre du dixième d'électron-volt.

(¹) *J. Phys.*, **7**, 1936, p. 71-77.

(²) *Nature*, **137**, 1936, p. 344; voir aussi H. A. Bethe et G. Placzek, *Phys. Rev.*, **51**, 1937, p. 450; H. A. Bethe, *Reviews of Modern Physics*, **9**, 1937, p. 69.

Dans ces conditions, l'application de la méthode de Fermi-Williams permet de tirer de (2) l'expression de la section efficace pour la désintégration par un électron.

Elle dépend encore logarithmiquement de l'énergie de l'électron incident, comme dans (1); mais le coefficient du logarithme est maintenant

$$\frac{2\pi k}{3}\left(\frac{e^2}{m_0 c^2}\right)^2 \frac{1}{\alpha}\left(\frac{m_0 c^2}{\varepsilon'}\right)^2 \frac{\gamma_r}{\varepsilon'},$$

où ε' est l'énergie d'excitation moyenne du noyau. D'autre part l'argument du logarithme doit être, à une constante de l'ordre de l'unité près, le même que dans (1), de telle sorte que le rapport des deux sections efficaces peut s'écrire

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 0,1\,k\frac{(137)^3}{Z}\,\frac{\gamma_r}{m_0 c^2}\,\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}\left(\frac{m_0 c^2}{\varepsilon'}\right)^2.$$

Pour une énergie d'excitation de 10 millions d'électron-volts, avec $\gamma_r = 1/10^e$ d'électron-volts et, mettant les choses au mieux, $k = 1000$, on obtient

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} < \frac{0,13}{Z}.$$

Nous retrouvons donc une section efficace de désintégration sensiblement inférieure (quoique, fait intéressant, du même ordre de grandeur) à celle que nous laissait prévoir le modèle de Hartree. La différence des présents résultats avec ceux que nous avions précédemment obtenus tient essentiellement à ce que la variation du coefficient de photodissociation avec la fréquence est beaucoup plus rapide (en ν^{-3}) avec le modèle de Bohr qu'avec le modèle utilisé antérieurement (en $\nu^{-\frac{3}{2}}$ pour le deuton par exemple).

Ces résultats renforcent donc notre conclusion que les désintégrations (avec émission de neutrons) produites par les électrons de très grande énergie doivent être très exceptionnelles et plaident par suite en faveur de la présence de particules lourdes dans le rayonnement cosmique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur le polissage électrolytique de l'aluminium.* Note de M. **Pierre Jacquet**, présentée par M. Aimé Cotton.

On connaît en métallographie les difficultés et les inconvénients de la méthode classique de polissage, surtout lorsqu'il s'agit des métaux mous.

Outre l'impossibilité de polir des échantillons très minces, ou de dimensions importantes, l'incorporation au métal de fines particules d'abrasif est particulièrement gênante. On sait de plus que le polissage mécanique modifie toujours la structure vraie du métal dans une région plus ou moins voisine de la surface.

L'aluminium ultra pur (99, 998 pour 100) est très mou et présente le phénomène de la recristallisation spontanée à la température ambiante [1]. Ces deux particularités rendent pratiquement impossible l'examen micrographique de la structure réelle du métal.

Pour ces raisons il m'a paru intéressant d'essayer d'appliquer à l'aluminium le procédé de polissage électrolytique que j'ai décrit pour divers métaux et alliages [2]. La technique finalement adoptée est la suivante :

Électrolyte. — Il dérive de celui utilisé pour le plomb et l'étain. On le prépare en versant *très lentement* 785^{cm^3} d'anhydride acétique dans 215^{cm^3} d'une solution aqueuse d'acide perchlorique (densité 1,480) continuellement refroidie.

Mode opératoire. — L'échantillon à polir est immergé verticalement dans la solution à quelques centimètres de la cathode constituée par une plaque d'aluminium. La cellule électrolytique est placée dans un bain d'eau courante. On utilise une source de courant continu de tension assez élevée (50 à 100 volts) dont le pôle positif est relié à l'échantillon que l'on désire polir; le circuit comporte en outre une résistance variable et un ampèremètre. Au début, l'intensité du courant s'élève plus ou moins vite, atteint une valeur maximum, puis décroît. On règle la résistance auxiliaire de façon que l'intensité finale soit comprise entre 3 et 5 ampères par décimètre carré de surface anodique. Pendant l'électrolyse la solution peut être agitée et sa température ne doit pas dépasser 45 à 50°C.

La durée du traitement dépend de l'état initial de la surface. A titre d'exemple une tôle d'aluminium pur, laminée dans de bonnes conditions, devient suffisamment lisse et brillante en 15 minutes pour pouvoir être examinée à des grossissements de 100 à 2500 diamètres. Le polissage étant jugé convenable, la pièce est retirée, lavée très soigneusement à l'eau courante, puis à l'eau distillée et séchée à l'alcool et à l'éther.

On observe toujours une dissolution anodique très intense à la limite de

---

(1) J. Calvet, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 66.

(2) P. Jacquet, *Nature*, 135, 1935, p. 1076; *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1473; *Bull. Soc. Chim. de France*, 5e série, 3, 1936, p. 705.

l'électrolyte. Ce phénomène pouvant être gênant, il est indispensable d'immerger entièrement la surface à polir, la liaison électrique se faisant au moyen d'un fil d'aluminium fixé à l'échantillon. Si celui-ci est une tôle dont on ne veut polir qu'une partie, la région correspondant au niveau de la solution est isolée avec un vernis convenable. Dans ce dernier cas, la densité de courant peut être réduite à 1 ou 2 ampères par décimètre carré de surface anodique.

Dans les conditions indiquées, il se dissout environ $0^{mm},004$ de métal par minute d'électrolyse.

En général, on observe qu'une solution venant d'être préparée ne donne pas immédiatement les meilleurs résultats; elle doit être électrolysée pendant un temps suffisant pour qu'il entre en solution au moins 4 à 5^g d'aluminium par litre.

Applications du polissage électrolytique. — La méthode électrolytique permet de polir parfaitement sur toutes leurs faces des fragments d'aluminium mesurant 10^{cm^2} et même davantage. Des feuilles très minces ($0^{mm},1$, par exemple) peuvent être polies sans difficulté. Une application importante concerne l'examen micrographique des structures cristallines; si l'échantillon a déjà subi un traitement mécanique superficiel, l'électrolyse doit être assez prolongée pour dissoudre la zone de structure anormale. Une surface d'aluminium ainsi traitée, ayant un pouvoir réflecteur beaucoup plus élevé que celui qu'on observe après un polissage mécanique, peut être examinée sans difficulté aux plus forts grossissements ([3]). En général, après le polissage électrolytique, les limites cristallines sont à peine visibles; on les révèle en attaquant la surface dans la solution de polissage, avec une faible densité de courant (par exemple, 0,2 à 0,8 ampère par décimètre carré). Une attaque très courte met en évidence les limites cristallines; si on la prolonge, les divers cristaux se gravent plus ou moins nettement suivant leur orientation. La surface polie peut aussi être attaquée par les réactifs habituels (acide fluorhydrique, par exemple).

Si le métal renferme des impuretés (fer, silicium, etc.) elles sont révélées au cours du traitement anodique parce que leurs vitesses de dissolution

---

([3]) En ce qui concerne l'examen micrographique, on doit prendre de grandes précautions pour conserver les surfaces. En principe, l'observation devra être faite immédiatement après le polissage. Les échantillons seront toujours conservés dans un dessiccateur, à l'abri des vapeurs acides et des poussières.

sont différentes de celle de l'aluminium. En général, un métal impur (à 99,8 pour 100 par exemple) doit être poli avec une densité de courant nettement inférieure à celle qui convient pour l'aluminium pur (99,95 pour 100 et au delà). Avec les alliages, les constituants deviennent nettement visibles après le traitement électrolytique; on peut, par exemple, observer des structures très fines. Dans le cas des lingots d'aluminium brut de coulée le polissage électrolytique permet d'observer les défauts physiques, telles que cavités et soufflures.

Puisque les surfaces polies par cette méthode ne présentent ni détérioration, ni impureté étrangère au métal, on pourra les utiliser dans des études spéciales, où ces conditions sont très importantes (diffraction des rayons X et des électrons, réflexion de la lumière, corrosion, etc.).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Préparation d'eau épurée comparable à l'eau distillée par échange d'ions.* Note de MM. **G. Austerweil** et **A. Fiedler**, présentée par M. Georges Charpy.

La production d'eau pratiquement pure en quantités industrielles est réalisée actuellement par la distillation et l'électroosmose.

Les auteurs ont pu obtenir des résultats équivalents par une méthode physico-chimique basée sur l'*emploi d'échangeurs d'ions nouveaux*. Jusqu'ici la méthode d'épuration de l'eau par échange d'ions était limitée à la transformation des sels de Ca et de Mg qui s'y trouvaient, en sels de Na correspondants, par leur échange à l'aide de silico-aluminates (zéolithes, glauconies ou autres). Puis en employant comme échangeurs de cations certains charbons traités par le procédé de Kreulen ([1]), on était arrivé à échanger non seulement des cations métalliques, mais aussi des cations H, en régénérant ces charbons avec des acides (ce qui ne pouvait se faire pour les silico-aluminates, puisqu'ils sont décomposés par ces derniers), mais l'eau obtenue contenait encore les acides des sels autres que les carbonates.

Adams et Holmes ([2]) essayèrent de résoudre ce même problème en employant comme échangeurs des bases obtenues par la condensation d'aldéhydes avec des amines, mais ne purent obtenir des résultats complets en raison de l'insolubilité incomplète de ces produits.

([1]) *Brennstoffchemie*, 1927, p. 149-154.
([2]) *Journ. Soc. Ch. Ind.*, 54, 1935, p. 9.

L'un des auteurs, déjà auparavant, était bien parvenu à obtenir, par insolubilisation, l'élimination totale des sels en solution, en employant soit des échangeurs d'ions, soit certaines bases ou des métaux (3), mais ces méthodes se révélèrent d'une application pratique difficile.

Les auteurs arrivent maintenant à l'élimination totale des sels de l'eau en employant pour fixer les acides autres que l'acide carbonique mis en liberté après passage sur un échangeur de cations H, des corps usuels à réactions basiques, ou des bases organiques parfaitement insolubles dans l'eau aussi bien à l'état de base qu'à l'état de sels, et pouvant par suite être régénérées, c'est-à-dire débarrassées par des solutions à réaction alcaline, des anions qu'elles ont fixés. Parmi les corps usuels, remplissant ces conditions, il en est toute une série facilement accessible, par exemple la laine, les crins, la corne, qui, après un lavage au carbonate de soude à 1 pour 100, peuvent servir d'échangeurs et de capteurs d'anions, et dont l'effet peut être accru, par exemple si l'on éthérifie la fonction acide de la laine, qui est un amino-acide. De même, certaines catégories de bases organiques synthétiques, telles que certaines matières colorantes basiques insolubles à l'état de base et de sels, possédant une grande molécule complexe et obtenues à l'état de gel poreux et dur, donnent des résultats analogues, mais supérieurs.

On procède comme suit : l'eau à épurer passe d'abord à travers un vase contenant un échangeur de cations H, tel que du lignite traité par SO^4H^2 à 100 pour 100 puis lavé, et tous ses sels sont alors transformés en les acides correspondants. L'eau, à la sortie de ce vase, passe par un dégazeur où elle perd tout le CO^2 libéré, et traverse ensuite un vase contenant une des bases organiques insolubles précitées, par exemple une quinonimine complexe, qui fixe les acides, et l'eau sort, ne contenant plus que des traces de silice, éliminables d'ailleurs par filtration à travers de l'alumine activée. Un appareil contenant 18^{kg} de l'échangeur de cations H sus-visé, et autant de l'échangeur d'anions indiqué, produit 5^{m^3} d'eau pure, à une teneur de 8 mg/l d'extrait sec (à 105°) et d'une conductivité de $7.10^{-7}\Omega^{-1}.cm^{-1}$ en traitant, au débit de 400 l/h, de l'eau de Paris, titrant 23° hydrotimétriques. L'échangeur de cations se régénère avec un acide dilué quelconque, SO^4H^2, ClH, etc., l'échangeur d'anions, avec une base diluée, NaOH, NH^3, etc., en léger excès au delà de la théorie, de sorte que ce pro-

(3) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1581; *Bull. Soc. Chim. de Fr.*, 3, 1936, p. 898; *Ch. et Ind.*, 1934, 15e *Congrès*, p. 89.

cédé d'épuration présente aussi des qualités d'économie considérables, car la seule dépense à effectuer par mètre cube produit correspond à la valeur des réactifs employés pour la régénération, soit 20g de SO^4H^2 à 60° Bé. par degré hydrotimétrique total, et 25g de CO^3Na^2 par degré hydrotimétrique permanent, donc dans le cas de l'eau de Paris, 460g de SO^4H^2 et 150g de CO^3Na^2 par mètre cube.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Électrotitrage différentiel.* Note de Mme **Raymonde Duval** et M. **Clément Duval**, présentée par M. Georges Urbain.

Soit un pont de Wheatstone (*fig.* 1) dans lequel deux branches sont occupées par des vases aussi identiques que possible, portant à leur base deux électrodes fixes de platine platiné et recevant le même volume (2,5 à 5cm³) de liquide à doser. Comme dans le montage classique de Kohlrausch, les deux autres branches sont constituées par une règle à curseur qui peut avoir 20cm seulement. La branche pile est occupée par une petite bobine d'induction et la branche galvanoscope, par un écouteur téléphonique.

Les vases A et B vont recevoir alternativement des volumes égaux de réactif titré, le vase A étant toujours en avance d'un dixième (ou d'un vingtième) de centimètre cube sur B.

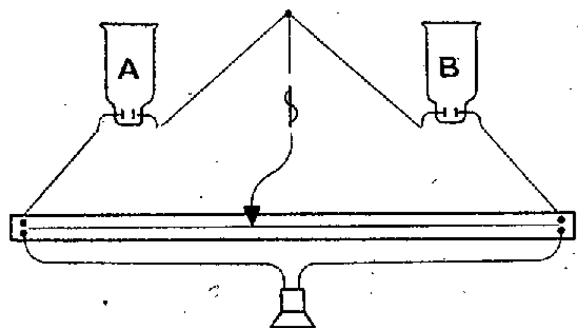


Fig. 1.

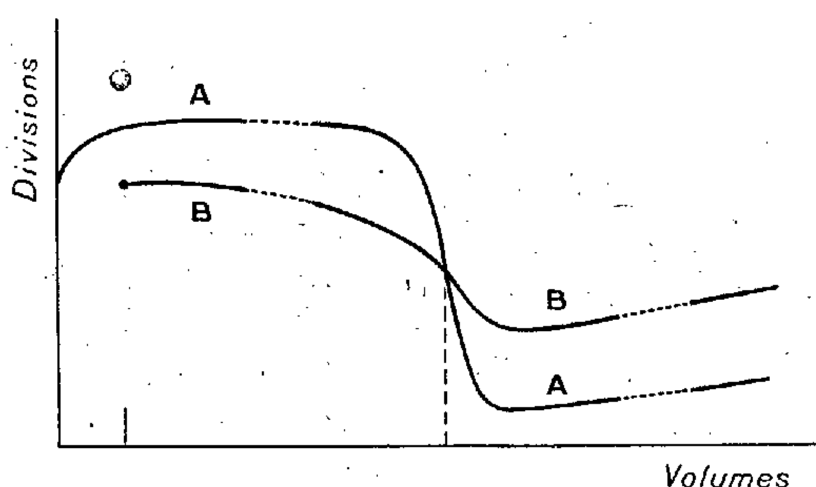


Fig. 2.

Si l'on porte en abscisses (*fig.* 2) les volumes de réactif versés et, en ordonnées, les nombres lus sur la règle après équilibre du pont, on obtient deux courbes se coupant en un point dont l'abscisse indique rigoureusement le volume de réactif à verser pour effectuer le dosage.

Les deux courbes ont la même allure, qu'il s'agisse d'un dosage par

neutralisation ou par précipitation, de sorte qu'il n'est pas nécessaire, dans la pratique, de les tracer. Il suffit de saisir l'instant où les deux vases donnent le même nombre lu sur la règle, autrement dit, lorsque la différence entre les deux indications change de signe.

On peut encore simplifier si l'on ne veut pas obtenir une grande précision et ne tenir compte que des indications fournies par le vase B. Au moment du virage, il y a sur la règle, un saut brusque de quelques centimètres dans la position du curseur.

Il est, par suite, inutile de poursuivre le dosage quand le virage est atteint. Parmi les dizaines de dosages que nous avons effectués, notons les titrages acidimétriques et alcalimétriques, la précipitation du chlorure d'argent et du sulfate de baryum. Dans ce dernier cas, on peut, en une dizaine de minutes, doser 2^{mg} environ d'ions SO^{4--} avec une précision de 5 pour 100.

La méthode présente l'inconvénient de ne point fournir la conductibilité du liquide à chaque instant, mais cette donnée est inutile quand on se propose de faire simplement un dosage; par contre, elle présente les avantages suivants sur la méthode classique d'électrotitrage (Kohlrausch, Berthelot, Dutoit) :

1° La boîte de résistances est supprimée : la construction d'un petit vase de conductibilité est moins coûteuse; il faut même plusieurs boîtes quand la résistance du liquide est considérable, à moins que l'on ne construise un mégohm ou que l'on fasse usage de trois vases dont les électrodes ont des écartements différents.

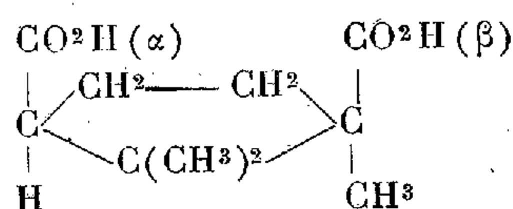
2° Au début du dosage, le pont est immédiatement équilibré, ce qui évite des tâtonnements.

3° Il n'y a aucun calcul à faire. Dans la méthode classique, à moins d'utiliser la table ou la courbe des valeurs de $n/100-n$ et une table des inverses, il faut effectuer environ 15 multiplications et 15 divisions, porter les 15 valeurs obtenues sur un papier millimétrique, puis joindre ces points. Si les deux courbes obtenues ne se coupent pas sous un angle favorable, il faut changer d'échelles et recommencer.

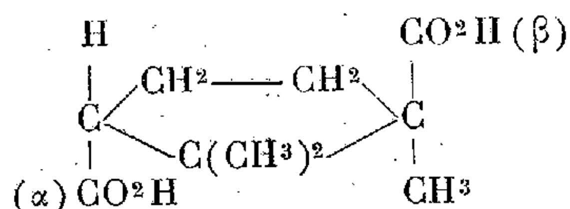
4° En raison de la symétrie du montage, nous pensons que l'effet de capacité et de self-induction est atténué. Le minimum du son est plus net.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques* N-*alcoyldiamides camphoriques*. Note de MM. **Paul Goissedet** et **Robert Despois**, présentée par M. Marcel Delépine.

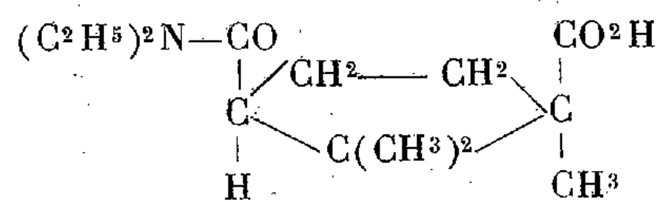
Le but de ce travail est de faire connaître un certain nombre de diamides camphoriques N-substituées, principalement les tétrasubstituées, presque toutes dérivées de l'acide *cis-d*-camphorique. Nous rappelons que les acides camphoriques comportent des isomères *cis* et *trans* susceptibles chacun d'exister sous les formes dextrogyre et lévogyre; en outre, les deux carboxyles y sont de valeur inégale, d'où les désignations de α et de β qu'on leur attribue. Les schémas ci-dessous précisent quelques appellations qui découlent de ces considérations :



Un acide *cis*-camphorique.



Un acide *trans*-camphorique.



Diéthylamide-α acide β-*cis*-camphorique.

Pour préparer les diamides camphoriques, deux moyens se présentent à l'esprit : action des amines sur les esters camphoriques ou sur les chlorures d'acides.

Le premier est inutilisable : si l'on prend le *cis-d*-camphorate de méthyle, par exemple, et si on le chauffe avec de la diéthylamine sèche en tube scellé, il faut atteindre 190-200° pendant 12 heures pour faire disparaître l'ester; à côté de petites quantités de corps neutres incristallisables, on ne trouve que des acides : acide camphorique et diéthylamide-α acide β-*cis*-camphorique, la double substitution n'ayant pas lieu selon les prévisions.

Le second procédé est seul réalisable. S'il s'agit d'amides dérivées d'une seule espèce d'amine, on part du double chlorure de camphoryle $C^8H^{14}(COCl)^2$ (1^{mol}) qu'on fait tomber sur l'amine en solution benzénique (4^{mol}), maintenue vers 5°; après séparation du chlorhydrate d'amine formé, on distille la solution benzénique dans le vide au bain-marie et extrait le résidu à l'éther; après filtration, la solution éthérée lavée avec

un peu d'eau, puis séchée, est concentrée; la diamide cristallise généralement; on peut la distiller dans le vide. On a ainsi préparé les bis-dialcoylamides $\alpha - \beta$: tétraméthylées, tétraéthylées, tétrabutylées, diméthylées et diéthylées [dérivées de $NH(CH^3)(C^2H^5)$], tétraisoamylées de l'acide *cis-d*-camphorique et le dérivé tétraéthylé des acides *cis-l* et *trans-l*-camphoriques.

Le chlorure de camphoryle, nécessaire à ces expériences, ne doit pas être préparé comme l'a indiqué autrefois Moitessier (¹), par chauffage de l'acide camphorique avec le pentachlorure de phosphore pendant 8 heures à 100° et distillation subséquente; ce procédé fournit un mélange de chlorures *cis* et *trans*.

On a donc dû préparer le chlorure à froid dans l'éther de pétrole, puis décomposer l'oxychlorure de phosphore résultant de la réaction par de la glace en agitant. L'éther de pétrole retient le chlorure d'acide et c'est cette solution qu'on ne laisse pas vieillir qui sert. Ce mode opératoire dérive des observations faites antérieurement par Aschan et Havulinna et par Bredt. On a opéré ainsi pour préparer les chlorures des acides *cis-d*, *cis-l* et *trans-l* camphoriques.

Pour préparer des alcoyldiamides qui ne soient pas identiques en α et en β on commence par faire une dialcoylamide-α acide-β selon Auwers et Schnell (²) ou Freylon (³). Le carboxyle non touché est facilement transformé en fonction —COCl par le chlorure de thionyle. On fait agir ensuite le chlorure d'acide-β dialcoylamide-α sur une molécule d'une nouvelle amine qui peut être secondaire ou primaire. Il va de soi que si l'on prenait la même amine secondaire que dans la première partie de l'opération, on retomberait sur les amides tétraalcoylées, ce qu'on a vérifié avec la diéthylamine.

Nos alcoylamides sont des corps solides pour la plupart, incolores, dont les termes méthylés sont solubles dans l'eau, y formant toutefois des solutions proches de leur point de trouble par élévation légère de la température. Les solvants organiques à l'exception de l'éther de pétrole les dissolvent très aisément.

Le tableau ci-contre résume leurs principales propriétés, les pouvoirs rotatoires étant pris en solution à 5 pour 100 dans l'alcool absolu.

(¹) *Comptes rendus*, **52**, 1861, p. 871.
(²) *Ber. d. chem. Gesells.*, **26**, 1893, p. 1524.
(³) *Ann. Chim. et Phys.*, 8ᵉ série, **15**, 1908, p. 282.

Acide camphorique de départ.	Formule brute de la diamide.	Nature des substituants dans $C^8H^{14}(CO-)\alpha(CO-)\beta$. α.	β.	P. F.	Ébull.	$[\alpha]_D$.
				°	mm	°
d-cis......	$C^{14}H^{26}O^2N^2$	$N(CH^3)^2$	$N(CH^3)^2$	91	172/2	+109
»	$C^{15}H^{28}O^2N^2$	$N(CH^3)(C^2H^5)$	$N(CH^3)^2$	74	181/2	+105,8
»	$C^{15}H^{28}O^2N^2$	$N(CH^3)^2$	$N(CH^3)(C^2H^5)$	54-55	182/2	+103,3
»	$C^{16}H^{30}O^2N^2$	$N(CH^3)^2$	$N(C^2H^5)^2$	41-42	187/3	+ 95
»	$C^{16}H^{30}O^2N^2$	$N(C^2H^5)^2$	$N(CH^3)^2$	56	173/2	+ 99,7
»	$C^{16}H^{30}O^2N^2$	$N(CH^3)(C^2H^5)$	$N(CH^3)(C^2H^5)$	61	179/2	+ 94,5
»	$C^{17}H^{32}O^2N^2$	$N(CH^3)(C^2H^5)$	$N(C^2H^5)^2$	liq.	182/2	+ 94,6
»	$C^{17}H^{32}O^2N^2$	$N(C^2H^5)^2$	$N(CH^3)(C^2H^5)$	86	183/2	+ 92,5
d ou *l* cis...	$C^{18}H^{34}O^2N^2$	$N(C^2H^5)^2$	$N(C^2H^5)^2$	130	190/5	± 90
l trans.....	$C^{18}H^{34}O^2N^2$	$N(C^2H^5)^2$	$N(C^2H^5)^2$	80	»	+ 17,1
d-cis......	$C^{26}H^{50}O^2N^2$	$N(C^4H^9)^2_n$	$N(C^4H^9)^2_n$	liq.	222/1	+ 48,6
»	$C^{30}H^{58}O^2N^2$	$N(C^5H^{11})^2_{iso}$	$N(C^5H^{11})^2_{iso}$	liq.	232/1,5	+ 35,8
»	$C^{15}H^{28}O^2N^2$	$N(C^2H^5)^2$	$NH(CH^3)$	117	»	+ 36,4
»	$C^{16}H^{30}O^2N^2$	$N(C^2H^5)^2$	$NH(C^2H^5)$	liq.	185/2,5	+ 30,5

Tous ces corps, sauf les trisubstitués, jouissent de propriétés analeptiques respiratoires et circulatoires plus ou moins marquées qui trouvent leur maximum dans les dérivés éthylés. C'est d'ailleurs dans le but d'étudier ces propriétés qu'ils ont été préparés.

GÉOLOGIE. — *Découverte de nouveaux gisements de Vertébrés terrestres dans le Néogène des environs de Lisbonne (Portugal).* Note de M. **Georges Zbyszewski.**

Mes recherches dans les terrains tertiaires de la vallée du Tage m'ont permis de découvrir au cours de cette année une très intéressante faune de Vertébrés terrestres. L'exploitation des gisements m'a donné et me donnera vraisemblablement encore de nouveaux matériaux.

A la base du Burdigalien, dans l'assise des marnes et molasses à *Venus Ribeiroi* (niveau I de J. C. Berkeley Cotter), F. Roman [1] en 1907, avait déjà signalé la présence de

Rhinoceros (Ceratorhinus) tagicus Roman;
Brachyodus anoideus Gervais;

[1] *Le Néogène continental dans la basse vallée du Tage (rive droite)* (*Commission du Service géologique du Portugal*, 1re Partie, 88 pages, Lisbonne, 1907).

Palæocherus aurelianensis Stehlin;
Pseudælurus transitorius Deperet.

Dans les grès à *Schizaster Scillæ* et les calcaires à *Ostrea crassicostata* var. *gigantea* (niveaux VI*b* et VI*c*) de l'Helvétien, il avait trouvé une dent entière et un fragment, appartenant à *Mastodon angustidens* Cuvier.

Enfin, en 1935, M. A. Sousa-Torres ([2]), avait découvert à Lumiar, dans l'assise IV*b* (sables et grès de Casal Vistoso), un fragment de molaire appartenant aussi à *Mastodon angustidens* Cuvier.

Mes dernières recherches m'ont montré que le niveau où le Mastodon était le plus abondant est l'assise V*b* (sables et grès à *Ostrea crassissima* de Chélas). Elle m'a fourni de nombreuses dents et ossements variés. La faune recueillie jusqu'à présent est la suivante :

1. *Dans le Burdigalien supérieur, niveau IVb :*

Gisement de Quinta das Pedreiras à Lumiar (banlieue Nord de Lisbonne). — *a.* Plusieurs fragments d'incisives appartenant à *Mastodon* (*Tetrabelodon*) *angustidens* Cuvier;

b. Une molaire très usée et plusieurs fragments d'os indéterminables appartenant au même genre.

Gisement de la Quinta do Alto (à l'Est du Campo Grande). — Une première phalange de petit Ruminant de forme élancée. Ce serait un petit Cervidé primitif.

Gisement de Pena da França (Lisbonne). — Une dent de Crocodilien.

2. *Dans le niveau Vb* (*Helvétien*) :

Gisements de Charneca (au Nord de Lisbonne). — *a.* De nombreuses dents et ossements de *Mastodon* appartenant à trois formes différentes :

Un type bunodonte : *M. angustidens* Cuvier.

Un type lophodonte : *M. turicensis* Schinz.

Un type intermédiaire : *M. pyrenaicus* Lartet.

b. Une deuxième phalange de *Suidé;*

c. Un humérus de Carnassier appartenant au genre *Amphicyon.*

Cet ensemble est accompagné d'Ostrea crassissima, de vertèbres de Poissons, etc.

Gisement de la Quinta das Flamengas (au Nord de Chelas). — *a.* De nombreuses dents et ossements de *Mastodon* appartenant aux types *angustidens* et *pyrénaicus;*

([2]) *Boletim do Museu e Laboratorio mineralogico e géologico da Universidade de Lisboa,* 2e série, 4, 1935, p. 41-44.

b. Une molaire supérieure de *Rhinocéridé*, de type très évolué, accompagnée de vertèbres et de métacarpiens ou de métatarsiens;

c. Une dent de *Crocodilien*, accompagnée de plaques dermiques et d'ossements.

Cet ensemble comprend en outre des *Ostrea crassissima*, des épines de Myliobatis, etc.

Au-dessus de ce dernier niveau, l'horizon Vc (Marnes à *Anomia Choffati*) a fourni une grosse vertèbre de *Cétacé*.

L'identité des faunes permet de penser que les conditions du milieu continental n'ont pas varié entre le Burdigalien supérieur et l'Helvétien. La région devait être à cette époque une plaine basse séparée de la mer par un cordon littoral. Les Mastodontes apparaissent donc au Portugal, dès la fin du Burdigalien. Ils sont accompagnés par une faune assez variée, qui rappelle par ses analogies celle de Pontlevoy ou celle de Sansan.

Je donnerai, lorsque les matériaux réunis seront plus complets, une description détaillée des pièces recueillies.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Pontien s. str. dans la région de Salonique.* Note [1] de Mlle **Suzette Gillet**, présentée par M. Charles Jacob.

Des Couches à Congéries ont été découvertes par Nelli [2] à Kapouzides, environ 2^km à l'Est de Salonique, et par Bourcart [3] à l'Est du cap Microkarabouroun (Sud de la ville) et à Vatiluk sur la rive gauche du Vardar. Dans cette région, ils encadreraient les couches à faune de Pikermi trouvées par Arambourg [4].

Mais les rares Mollusques cités (*Melanopsis Bonellii* Sism., *Dreissensia simplex* Desh.) ne sont pas caractéristiques.

Beaucoup plus typique est la faune des marnes et lumachelles des grandes carrières d'Alatini, à 2^km environ au Sud de Salonique. Elle permet de fixer l'existence du Pontien *s. str.* dans le Sud de la Macédoine et d'attribuer à ce niveau la faune de Pikermi du bas Vardar dont les dépôts correspondaient

---

(1) Séance du 6 décembre 1937.
(2) *Bul. Soc. géol. it.*, 33, 1914, p. 212.
(3) *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, n°s 8 et 9, 28 avril 1919, p. 77.
(4) *Ann. de Paléont.*, 18, II, III, 1929, p. 3.

à une émersion momentanée du lac nord-égéen. La faune d'Alatini se retrouve 15^{km} plus au Sud, dans les ravins Ouest et Est de Zoumbates. Ce sont des marnes et des grès calcaires où les coquilles sont mieux conservées. L'abondance d'empreintes de feuilles, notamment des *Salix* du groupe de *viminalis* Lin., indique la proximité du rivage.

Voici la faune commune à Alatini et à Zoumbates :

Débris de Chéloniens, d'Amphibiens, Ostracodes abondants :

GASTROPODES : *Prososthenia* aff. *eburnea* Brus., *Caspia? obtusa* Brus., *Valvata* aff. *serbica* Brus., *V.* cf. *variabilis* Fuchs, *Pyrgula* aff. *Bœtgeri* Brus., *P.* aff. *Sergii* Brus., *Neritina* cf. *danubialis* Pfeiff., *N.* aff. *obtusangula* Fuchs, *Neritina* sp.? *Melanopsis Bonellii* Sism. et var. passant à *M. impressa* Krauss et à *M. mitræformis* Andr. (très abondante), *M. decollata* Stol.

LAMELLIBRANCHES : *Dreissensia meissarensis* Andr. et var. *oblonga*, *Dr. simplex* Desh. (forme la plus grande partie de la faune), *Dr. anisoconcha* Andr., *Dr. tenuissima* Sinz., *Dr. rostriformis* Desh. *Dr. angusta* Rous., *Parvivenus* cf. *Widhalmi* Sinz., *Congeria* cf. *subcarinata* Desh., *Cong.* aff. *Gittneri* Brus., *Cong.* aff. *zagrabica* Brus., *Cyclas* sp. (très abondant), *Unio* aff. *maximus* Fuchs, *Unio* sp. indét. *Limnocardium* aff. *scabriusculum* Fuchs, *L.* aff. *vicinum* Fuchs (très abondant), *L.* cf. *apertum* Münst., *L.* aff. *decorum* Fuchs, *L.* cf. *ochetophorum* Brus. = *subodessæ* Sinz., *L.* aff. *Trifkovici* Brus., *L.* aff. *pseudosecans* Andr., *L.* aff. *nobile* Sabba, *L. Zugovici* Brus., *L.* aff. *purocostatum* Hal., *Monodacna* (*Pseudocatillus*) *subdentata* Desh., *Didacna* (*Pontalmyra*) *Constantiæ* Sabba, *D.* (*P.*) *novorossica* Barb., *D.* (*P.*) *Jasici* Brus., *D. subcarinata* Desh. (très abondant), *D.* aff. *subdeserta* Lœr., *D.* aff. *sulcatina* Desh., *D.* aff. *planiscota* Desh., *D.* aff. *ovata* Desh., *D.* aff. *multistriata* Rous., *D.* aff. *Andrusovi* Lœr., *D.* aff. *subincerta* Andr., *Phyllicardium* aff. *planum* Desh. (rare), *Prosodacna Eichwaldi* Andr., *Pr. Barboti* Eich. (très abondant), *Pr.* aff. *littoralis* Sinz. *Pr.* aff. *plicato-littoralis* et formes intermédiaires entre les deux.

A côté de ce faciès d'eau presque douce, des dépôts d'eau saumâtre se rencontrent à 4^{km} au Sud-Est d'Alatini. Ce sont des calcaires blancs compacts avec de nombreuses Mactres (notamment *M.* aff. *karabugasica* Andr.), plus la faune d'Alatini très appauvrie en espèces : *Prosodacna* aff. *Eichwaldi*, *Barboti*, *Didacna* aff. *novorossica*, *Dreissensia simplex*, *tenuissima*, qui pullulent.

Cette faune des environs de Salonique emprunte des espèces à la faune d'Odessa du Pontien russe, d'autres à la faune plus variée de Kamychbouroun (Crimée); quelques-unes enfin se rapprochent d'espèces de la région pannonique.

Nous pouvons en conclure à une communication au moins momentanée du lac nord-égéen d'une part avec le bassin euxinique, sans doute par le

Sud de la Bulgarie et la Thrace comme le suggère Čvijic [5], les Dardanelles et le Bosphore étant émergés à l'époque pontienne, d'autre part avec l'extrémité sud du bassin pannonique par la vallée de la Morava.

GÉOLOGIE. — *Du rejeu des failles primaires pendant le dépôt des terrains secondaires en Lorraine.* Note de MM. **Albert Robaux** et **Marc Bernatzky**, présentée par M. Charles Jacob.

Une Note récente [1] a défini les unités tectoniques de la Lorraine. Les particularités stratigraphiques qui leur sont associées de façon si tranchée rendent la plus plausible l'hypothèse du rejeu des failles primaires pendant le dépôt des terrains secondaires; les unités à caractères stratigraphiques semblables coïncident en effet exactement avec les unités tectoniques.

Quelques exemples vont étayer cette hypothèse et permettre de retracer l'histoire des efforts tectoniques au cours du Trias et du Jurassique.

1° La reconstitution de la topographie antérieure au Permien supérieur révèle deux reliefs : amorces des horts de Metz d'une part et de Briey-Hunsrück d'autre part. Entre eux, les zones déprimées sont comblées par les grès et épanchements volcaniques permiens. Les contacts des grès et des schistes paraissent très redressés et les puissances des formations gréseuses se développent brusquement. Tout porte à croire que les failles du socle primaire ont joué pendant le dépôt du Permien supérieur.

2° Un nivellement presque complet est réalisé à la fin du Werfénien. Le Muschelkalk, caractérisé par une sédimentation régulièrement répartie, témoigne de l'arrêt des efforts tectoniques et sa puissance reste toujours comprise entre 140 et 170^{m}, depuis les Ardennes jusqu'aux Vosges et au Plateau de Langres.

3° Au Keuper les failles rejouent. Selon l'anticlinal d'Éply, le Keuper a une très faible puissance. Au Sud-Est, à quelques centaines de mètres seulement, elle a presque doublé. L'épaississement se produit à partir de la faille de Nomény et selon son tracé. L'accident a donc séparé deux compartiments, l'un en voie d'abaissement durant la sédimentation, comblé par 300^{m} de dépôts dont 40 de sel, l'autre en relief, où la série, réduite à 190^{m} de marnes et de dolomies, ne comporte plus de sel, sauf de rares passées. La notion du rejeu de la faille de Nomény au cours du Keuper semble, seule, pouvoir expliquer d'aussi grandes différences. La rectitude de la limite du bassin salifère ne peut résulter ni de brusques passages latéraux ni de la simple subsidence.

Il est capital de remarquer qu'après avoir abaissé au Trias le compartiment Sud-Est, la faille de Nomény a rejoué après le Jurassique avec rejet inverse. Ce fait semble

---

(5) *Annales de Géogr.*, 20, 1911, p. 233.

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1167.

démontrer de façon indiscutable l'activité des failles pendant le dépôt des terrains secondaires.

4° L'Aalénien, si souvent recoupé par des sondages, révèle des faits semblables. Transversalement à la faille d'Avril, on observe une réduction d'un tiers de la puissance de la formation ferrugineuse entre la zone affaissée de Tucquegnieux et le horst de Briey. La faille d'Hayange, qui interrompt ce horst et détermine, selon son axe, une zone affaissée, ramène immédiatement un accroissement de la puissance des assises. La faille de Crusne limite également d'une façon remarquable deux compartiments où le Toarcien et l'Aalénien ont des puissances brusquement différentes de part et d'autre de l'accident. Enfin, la réduction de l'Aalénien entre les bassins de Nancy et de l'Orne coïncide avec le horst de Metz et l'anticlinical d'Éply.

Le rejeu des failles pendant la sédimentation expliquerait assez rationnellement les variations de puissance et peut-être aussi de richesse des couches ferrugineuses.

5° Au Jurassique moyen, nouveaux rapides changements de puissance dans le Bajocien aux abords de la faille d'Audun-le-Tiche. Cet étage passe, d'après M. Joly, de 80 à 100^m du Nord-Ouest au Sud-Est (²).

L'absence de sondages rapprochés ne permet pas de fixer par l'étude des séries sédimentaires plus élevées l'âge limite de ces rejeux.

6° Outre ces faits précis, des indices confirment notre hypothèse. Nous savons que le rejeu des accidents tectoniques est d'autant plus grand qu'on s'approche du Primaire. Le Crétacé supérieur et le Tertiaire du Bassin de Paris ne comportent plus de faille. On peut admettre un amortissement graduel des cassures vers le haut de la série qu'elles intéressent. Mais l'hypothèse d'une activité tectonique, limitée à la partie inférieure et moyenne du Secondaire, explique mieux encore cette opposition entre l'est et le centre du Bassin de Paris.

D'autre part, comme il est certain que l'anticlinal d'Éply a pris naissance au Keuper, on peut logiquement penser que les failles ont également joué à partir de cette époque.

En résumé, si la part des mouvements tertiaires en Lorraine et dans les Vosges est indiscutable, nous croyons avoir établi que des efforts tectoniques se sont fait sentir dès le début du Secondaire par le rejeu de failles affectant le socle primaire.

Cette notion qui nuance l'ancienne conception d'horizontalité et de continuité attribuée aux fonds marins de cette époque apporte, en même temps qu'un fait nouveau, une interprétation des variations brusques et fréquentes de faciès et de puissance des assises, variations que seuls des phénomènes de subsidence générale expliquaient jusqu'à présent : *La sédimentation s'est effectuée dans des zones en voie d'affaissement, limitées par des failles en activité pendant que s'accumulaient les dépôts.*

(²) H. Joly, *Études géologiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la bordure nord-est du Bassin de Paris* (*Thèse*, Nancy, 1908, p. 211).

GÉOLOGIE. — *Sur le Pliocène marin des environs d'Antioche (Syrie).* Note de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Ch. Jacob.

1. En 1890, M. Blanckenhorn a signalé des dépôts pliocènes discordants sur le Miocène, dans le fossé qui relie le Lac de l'Amouk à la côte. J'ai observé que le golfe pliocène pénétrait dans l'Amouk et s'avançait de là vers le Sud.

Entre la mer et l'Amouk, le Pliocène s'appuie, au Nord, sur des collines tortoniennes et, au Sud, sur le bord du Koseir. Entre Souédié et le Buyuk Kara Tchai, il repose, peu discordant, sur les débris d'une formation gypseuse, qui couronne le Tortonien; les argiles grises de sa base passent, vers le haut, à des sables, lesquels occupent le col au-dessus du Kara Tchai.

Au Nord-Est de ce torrent, près de Husseini, le front des collines tortoniennes est plaqué de graviers de roches vertes et de radiolarites, ainsi que d'argiles grises à galets clairsemés, au milieu desquels pointent des gypses, craies et sables tortoniens. Les couches à graviers pliocènes s'avancent sur les flancs de vallées creusées dans le Tortonien et sont donc emboîtées. Les termes supérieurs du Pliocène, des argiles puis des sables, se développent aux abords de l'Oronte.

Près d'Antioche, le couloir pliocène se resserre. A $4^{km},4$ à l'aval de la ville, rive gauche, les argiles contiennent une faune de *Congéries* : il y eut donc là une zone de dessalure de la mer pliocène, due probablement au débouché d'une rivière.

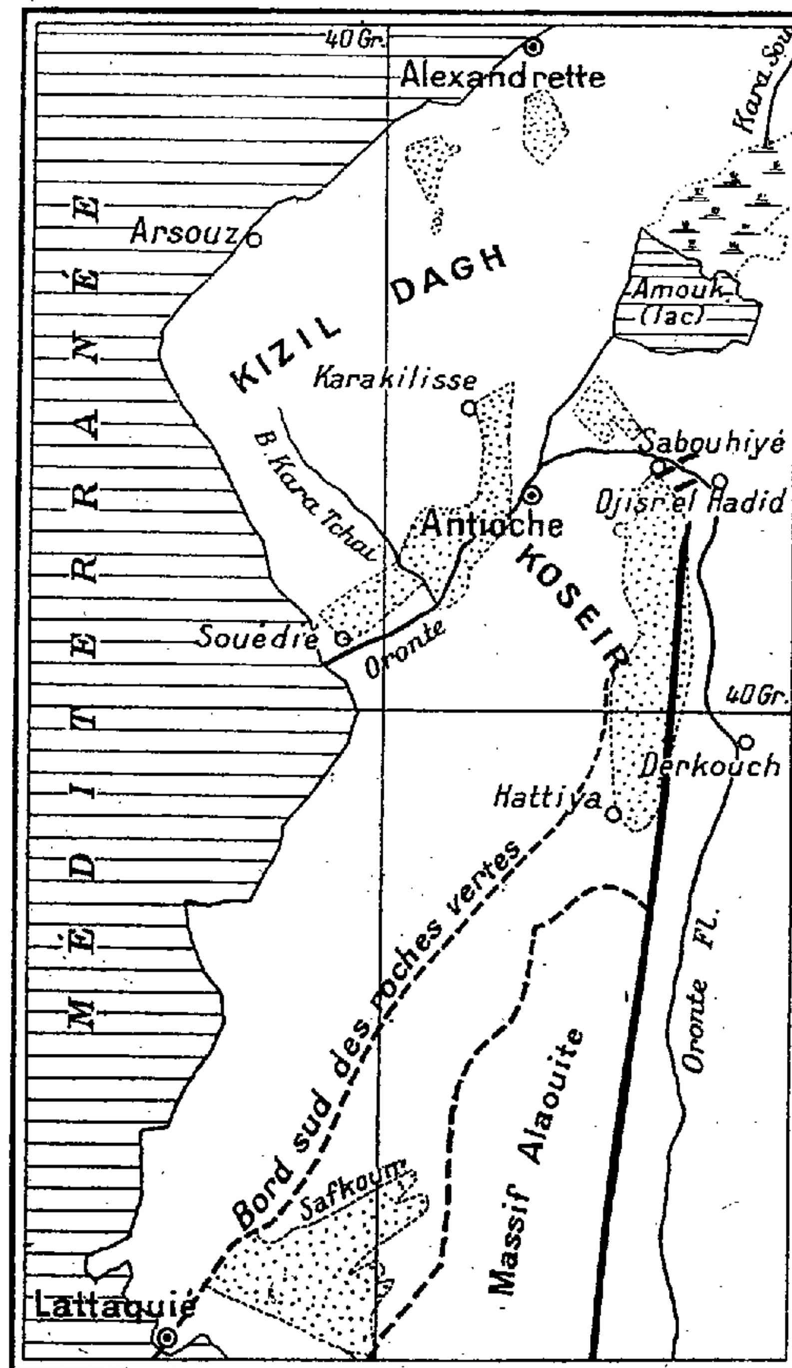
A partir d'Antioche, le Pliocène s'étale. Il passe entre les buttes tortoniennes et helvétiennes, déborde, près de Karakilisse, sur les roches vertes, qu'il recouvre d'un conglomérat de base, surmonté par des argiles foncées. Dans l'Amouk, le Pliocène supérieur, sableux, constitue l'île comprise entre l'Oronte et le Kara Sou.

Dans ce tronçon inférieur du golfe, le soubassement miocène est de plus en plus profondément érodé au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte. Le Pliocène, caractérisé par une faune identique à celle de Lattaquié [1], débute par des graviers et argiles à graviers, qui s'emboîtent dans des vallées creusées dans le Tortonien; au-dessus suivent des argiles, puis des sables.

---

(1) L. Dubertret, H. Vautrin et A. Keller, *Notes et Mémoires de la Section géologique du Haut Commissariat Français à Beyrouth,* II, 1937, p. 93.

2. Les mêmes faciès pliocènes, avec les mêmes faunes, reparaissent au sud de l'Amouk, depuis Djisr el Hadid jusqu'à Derkouch, sur une bande méridienne de 40^{km} de longueur. Le soubassement tortonien, à l'Ouest, porte encore les marques d'une érosien anté-pliocène : telles les vallées de Sabouhiyé, comblées par des dépôts pliocènes et atteignant la dimension



L'extension du Pliocène marin dans la région d'Antioche.

des vallées actuelles. Le Pliocène supérieur sableux, à peine touché par l'érosion, est ici beaucoup plus épais. A son contact avec le Tortonien, une brèche grossière de matériaux tortoniens, se substitue, près du village de Hattiya, aux graviers de roches vertes et de radiolarites qui se trouvent généralement à la base du Pliocène inférieur argileux.

Les dépôts du tronçon supérieur du golfe sont disposés en une table doucement inclinée vers l'Est, qui culmine à 750^{m} et est coupée à l'Est par une des grandes cassures méridiennes syriennes.

La disposition des couches de l'ensemble du golfe pliocène montre la préexistence de profondes fosses, caractère qui différencie nettement le Pliocène du Miocène; de plus, l'altitude de 750^m des plus hautes couches pliocènes marines indique l'importance des soulèvements post-pliocènes.

3. L'étude du golfe pliocène de Lattaquié, enserré par le massif Alaouite et le pays de roches vertes, n'avait pas conduit à des conclusions aussi nettes. Le Pliocène y est également discordant sur une mollasse tortonienne, mais sans emboîtement marqué. Le fait que le Pliocène y culmine à 300^m seulement et que le faciès sableux est à peine représenté nous conduit à supposer que les couches pliocènes supérieures sont érodées.

Au contact du Crétacé, dans le Safkoun, un faciès mollassique, crayeux et calcaire, s'expliquant par le remaniement du Sénonien, se substitue aux faciès habituels; la faune y est faite d'individus géants à test épais. Il semble, d'après les contrastes de faciès, que la séparation entre les deux golfes de Lattaquié et de l'Oronte soit originelle et non pas une simple conséquence de l'érosion.

4. Le Pliocène a été reconnu également sur la bordure du golfe d'Alexandrette, où il est presque exclusivement formé de graviers, sables et argiles rouges, avec rares Ostréidés (*O. cucullata* Brn.).

ACTINOMÉTRIE. — *Contribution à l'étude des relations entre l'insolation et les composantes de la radiation globale sous le climat de Paris.* Note [1] de M. **Charles-Émile Brazier**, présentée par M. Charles Maurain.

Le total, G, de l'énergie apportée du lever au coucher du Soleil à un centimètre carré de la surface du sol par la radiation globale se compose de deux parties : l'une, S, provient du rayonnement solaire direct et se trouve sous la dépendance immédiate de la transparence de l'atmosphère, de la longueur du jour, Δ, et de la durée de l'insolation, δ; l'autre, D, influencée par les mêmes causes suivant des lois différentes, est due au rayonnement solaire diffusé vers la Terre par l'ensemble de la voûte céleste. L'imprécision des mesures de δ faites avec les héliographes du modèle courant, la distribution capricieuse des passages nuageux au cours de la journée, les variations de la déclinaison du Soleil et celles de la longueur du jour qui en résultent, ajoutent de nouvelles difficultés à celles que

(1) Séance du 6 décembre 1937.

soulèvent les imperfections inhérentes aux procédés employés pour déterminer G, S, et D et font de la recherche des relations entre ces trois quantités et l'insolation un problème assez compliqué.

Ce problème se simplifie un peu si l'on détermine les durées d'insolation à l'aide des courbes enregistrées par un pyrhéliographe, ce qui conduit à des résulats plus corrects, et si, au lieu de considérer les résultats journaliers, on met en œuvre leurs moyennes décadaires en prenant la précaution de les diviser respectivement, les durées d'insolation par la longueur du jour Δ, les totaux de radiation par la radiation possible, G_0 (2).

La comparaison des nombres ainsi obtenus, δ/Δ (fraction d'insolation ou insolation relative), S/G_0 (fraction de radiation directe ou radiation directe relative) D/G_0 (fraction de radiation diffusée ou radiation diffusée relative), étendue à des intervalles de deux mois entourant les solstices et les équinoxes, fournit les résultats résumés dans le Tableau I d'après les mesures effectuées pendant ces quatres dernières années à l'Observatoire de l'Institut de Physique du Globe au Parc Saint-Maur.

TABLEAU I. — *Relation entre la fraction d'insolation* (3) *et les fractions de radiation directe et diffusée* (*Observatoire du Parc Saint-Maur*, 1933-1937).

Nombre de décades utilisées.	Fraction d'insolation moyenne δ/Δ.	Fraction de radiation directe S/G_0.	Fraction de radiation diffusée D/G_0.	Nombre de décades utilisées.	Fraction d'insolation moyenne δ/Δ.	Fraction de radiation directe S/G_0.	Fraction de radiation diffusée D/G_0.
Environs du 20 mars.				Environs du 20 juin.			
—.....	0,00	0,00	0,20	—.....	0,00	0,00	0,25
6.....	0,25	0,07	0,21	—.....	—	—	—
11.....	0,37	0,15	0,24	10.....	0,40	0,17	0,24
4.....	0,58	0,24	0,19	13.....	0,56	0,24	0,25
—.....	—	—	—	7.....	0,79	0,41	0,18
Environs du 20 septembre.				Environs du 20 décembre.			
—.....	0,00	0,00	0,21	—.....	0,00	0,00	0,18
3.....	0,22	0,07	0,24	17.....	0,15	0,03	0,20
11.....	0,42	0,16	0,26	5.....	0,35	0,11	0,25
12.....	0,51	0,26	0,25	2.....	0,60	0,19	0,21
4.....	0,71	0,35	0,22	—.....	—	—	—

(2) La radiation possible, G_0, est celle que l'on mesurerait au même lieu et dans les mêmes conditions si la Terre était dépourvue d'atmosphère. On la détermine en admettant que la constante solaire a comme valeur 1,94 calorie par centimètre carré et par minute lorsque la Terre se trouve à sa distance moyenne du Soleil,

(3) Les durées d'insolation ont été mesurées à l'aide d'un pyrhéliographe et les

L'examen des données originales qui ont servi à calculer les nombres contenus dans ce tableau conduit aux conclusion suivantes :

1° *Fraction de radiation directe.* — Comme on pouvait s'y attendre, la considération des moyennes décadaires ayant pour effet de répartir les irrégularités dues aux passages nuageux d'une manière plus uniforme, on trouve entre la fraction d'insolation et la fraction de radiation directe une relation très nette. Cette relation peut s'exprimer par une loi parabolique de la forme $S/G_0 = b\,\delta/\Delta + c(\delta/\Delta)^2$ dont les coefficients, b et c, tous deux positifs et sur la signification physique desquels il serait prématuré d'émettre des hypothèses, paraissent éprouver une variation de période, annuelle pour le premier, semi-annuelle pour le second. Le tableau ci-dessous donne leurs valeurs pour les équinoxes et les solstices et les valeurs de S/G_0 calculées par leur moyen.

TABLEAU II.

Époques.	b.	c.	Valeurs de S/G_0 $\delta/\Delta = 0,25$.	$\delta/\Delta = 0,50$.	$\delta/\Delta = 0,75$.
Environs du 20 mars...	0,23	0,33	0,08	0,20	0,36
» 20 juin....	0,29	0,28	0,09	0,22	0,38
» 20 sept....	0,23	0,35	0,08	0,20	0,37
» 20 déc....	0,16	0,28	0,06	0,15	0,28

2° *Fraction de radiation diffusée.* — La relation entre δ/Δ et D/G_0 est beaucoup plus lâche. On trouve cependant aux quatre époques examinées un accroissement plus ou moins marqué de la radiation diffusée relative quand δ/Δ passe d'une valeur nulle à des valeurs comprises entre 0,30 et 0,60. La fraction de radiation diffusée décroît ensuite rapidement quand δ/Δ se rapproche de l'unité. En moyenne, D/G_0 est de l'ordre de 0,21 par temps couvert et de 0,25 par temps demi-couvert. Au point où nous en sommes il serait hasardeux d'être affirmatif au point de vue de l'existence d'une variation annuelle de ce rapport.

---

décades ont été groupées suivant les valeurs de l'insolation relative. Le premier groupe correspond à $\delta/\Delta < 0,30$, le second à $0,30 < \delta/\Delta < 0,50$, le troisième à $0,50 < \delta/\Delta < 0,70$, le quatrième à $\delta/\Delta > 0,70$. Les nombres portés en face de $\delta/\Delta = 0$ ont été calculés d'après les résultats d'un travail antérieur [C.-E. BRAZIER, *La radiation solaire diffusée par le ciel sur la surface du sol par temps couvert* (*A. F. A. S.*, Alger, 1930, p. 117-120)].

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de l'effet lunaire sur les courants telluriques enregistrés dans la ligne Nord-Sud à l'Observatoire du Parc Saint-Maur.* Note de M. **Paul Rougerie**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avions soupçonné [1] une action lunaire sur le régime des courants telluriques Nord-Sud enregistrés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur. Afin d'élucider quelque peu cette hypothèse nous avons recherché spécialement l'existence d'ondes lunaires diurne et semi-diurne. La méthode d'analyse harmonique de M. Labrouste, à nouveau utilisée, nous a fourni des résultats positifs s'étendant sur un peu plus de 5 lunaisons, du 25 mai au 5 novembre 1893.

L'onde diurne ainsi calculée se révèle mal définie à cause de sa très faible amplitude dont la valeur absolue est plus petite que la précision obtenue dans les mesures. Par suite, ce terme lunaire est pratiquement négligeable vis-à-vis de la variation diurne totale de la force électromotrice observée.

Au contraire, l'onde semi-diurne lunaire dégagée est relativement importante et constitue la partie principale de l'effet lunaire cherché. Son amplitude moyenne, que nous avons trouvée égale à 0,60 mv/k pendant l'intervalle de temps analysé, représente 25 pour 100 environ de l'amplitude de la variation diurne totale. Dans l'ensemble l'évolution de cette harmonique lunaire présente un parallélisme satisfaisant avec le mouvement diurne apparent de la Lune. En particulier, les élongations électriques maxima vers le Sud se produisent en moyenne 2 heures 50 minutes environ après les passages de l'astre au méridien de Paris. Les variations de la force électromotrice obtenues peuvent s'exprimer par la formule moyenne

$$L_2 = 0,60 \sin(2t + 188^\circ)\ \text{mv/k},$$

dans laquelle le temps t est compté de 0° à 360°, cette dernière valeur correspondant à 24 heures lunaires.

L'amplitude de ce terme L_2, qui varie régulièrement d'un jour à l'autre, offre un certain rythme paraissant bien dépendre des positions de notre satellite. Notamment ses valeurs maxima se produisent au voisinage de l'époque des périgées et des fortes déclinaisons positives de l'astre, tandis que ses valeurs minima ont lieu près de l'époque des apogées et des fortes déclinaisons négatives de celui-ci.

---

[1] P. Rougerie, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 964.

Nous signalerons encore que la variation semi-diurne lunaire des courants terrestres étudiés ici présente une certaine analogie avec les variations correspondantes des déviations de la verticale mesurées à Paris au cours des années 1912 à 1914 ([2]).

BOTANIQUE. — *Sur l'apparition successive et soudaine des différents groupes de végétaux vasculaires.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons montré ([1]) que tous les grands groupes de végétaux vasculaires sont indépendants les uns des autres et dès lors, la question se pose de savoir si tous ces groupes ne sont pas apparus en même temps, c'est-à-dire dans l'Archéen (Paul Becquerel, 1928). En contradiction, semble-t-il, avec cette manière de voir, on constate que les divers types de végétaux vasculaires se manifestent successivement à des époques très différentes. Citons à titre d'exemples :

l'apparition des Lycopodiales, des Psilophytales et des Ptéridospermées dans le Silurien supérieur;

l'apparition des Rhyniales, des Cladoxylales, des Ginkgoales, et des *Calamophyton* dans le Dévonien moyen;

l'apparition des Abiétinées (*Walchia*) et des premières Cycadophytes (*Pterophyllum*) dans le Carbonifère supérieur;

l'apparition des Angiospermes dans le Crétacé inférieur.

Le problème se pose donc pour tous les groupes de végétaux vasculaires exactement comme pour les Angiospermes.

La solution réside dans l'alternance des phases (gamétophyte-sporophyte) qui caractérise toutes les Archégoniates ([2]). Cette alternance est comparable aux métamorphoses des Insectes et des Amphibiens. Le gamétophyte, ou prothalle, est en somme un *état larvaire*, qui peut subsister pendant des millions d'années jusqu'au jour où les conditions favorables seront réalisées qui permettront à la métamorphose de s'accomplir.

Les prothalles sont très variés; il suffit de citer ceux des Hépatiques, des

---

([2]) L. Éblé, *Annales du Bureau Central Météorologique*, I, 1913, p. 217.

([1]) P. Bertrand et P. Corsin, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 465.

([2]) En 1928, F. O. Bower attribua le magnifique développement des végétaux vasculaires à l'intercalation dans leur développement d'un sporophyte.

Lycopodiales, des Psilotales, des Équisétales, des Ophioglossacées. Ils sont particulièrement résistants, surtout ceux qui vivent dans le sol humide, à l'abri de bien des accidents. De plus, ils possèdent souvent de multiples procédés de propagation : bourgeons, propagules. Ils peuvent vivre d'une vie ralentie ou végéter sans sporanges et sans reproduction sexuée pendant des années.

Quand la fécondation s'est produite pour la première fois, l'embryon a donné un corps de plante proportionné à ses possibilités internes, c'est-à-dire à l'énergie emmagasinée dans l'œuf. Ce corps d'abord peu développé était cependant pourvu de tous ses organes essentiels (racine, tige, feuilles).

La plasticité dont la nouvelle plante était douée lui a permis de réaliser plus tard les nombreux ajustements (évolution restreinte), qui ont donné naissance aux espèces que nous groupons dans un même genre, dans une même famille ou dans un même ordre.

Pour les Angiospermes, la métamorphose s'est produite quand la forme prothallienne a subi la poussée sexuelle, déclenchée très probablement par l'état d'évolution de la planète. Alors se sont réalisés d'un seul coup : l'encapsulation de l'embryon, son adaptation à la vie aérienne et le développement de l'appareil végétatif. La même explication vaut évidemment pour toutes les Phanérogames, mais les réalisations ont été d'autant plus parfaites que le temps passé à l'état larvaire a été plus long (et aussi que les conditions de la vie antérieure ont été plus dures et plus précaires). L'apparition simultanée des Monocotylées et des Dicotylées se comprend très facilement, puisque les conditions favorables au développement des unes convenaient également au développement des autres.

Quand un embryon de Phanérogame se développe, il se souvient de sa vie passée. Il tend donc à reproduire l'état larvaire ancestral. Il produit d'abord un *filament* (le suspenseur) comme certaines Hépatiques ou certaines Mousses, puis un massif cellulaire (pro-embryon ou embryon définitif), qui rappelle le prothalle ou le bourgeon prothallien de jadis. Toute cette récapitulation est très abrégée. Le système vasculaire, le liber, la racine, caractéristiques des végétaux supérieurs, ne tardent pas à apparaître et plus tard les feuilles.

Il convient de rendre hommage ici à M. F. O. Bower, qui dès 1929 a conclu que les végétaux vasculaires étaient issus d'une forme filamenteuse ou prothallienne par *intercalation* d'un sporophyte diploïde éminemment apte à se perpétuer et à se propager au loin.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations des quantités d'eau dans le pédoncule floral du* Papaver Rhæas *en relation avec son redressement au cours de la floraison.* Note de M. **Fernand Obaton**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les *Papaver*, et en particulier le *Papaver Rhæas*, présentent, au cours du développement de leurs fleurs, certains mouvements de courbure et de redressement des pédoncules floraux qui donnent à ces plantes trois aspects caractéristiques. Lorsque le bouton est jeune, le pédoncule est court et dressé. Ensuite il s'allonge et le bouton est pendant. Au moment où les sépales vont se séparer et la fleur s'épanouir, dans la nuit qui précède l'ouverture, le pédoncule floral se redresse. M. Blaringhem [1] a montré que le redressement de *Papaver somniferum* est en relation avec la présence des anthères et que « les mouvements des pédoncules des pavots avant l'anthèse sont directement régis par l'activité des pollens renfermés dans ces étamines ». Les relations entre le mouvement et le pollen étant ainsi définies, il reste à rechercher dans quelles conditions physiologiques se produit cette évolution.

Nous avons pensé que le redressement du pédoncule doit être précédé d'une variation de sa teneur en eau, et nous avons mesuré celle-ci à chacun des stades définis ci-dessus. La technique expérimentale est simple : dessécher à l'étuve à 100°-105° trois lots de pédoncules, dressés, recourbés ou redressés après avoir noté leurs longueurs respectives, comptées depuis la feuille à l'aisselle de laquelle se développe le pédoncule jusqu'à la base du bouton floral. Le premier lot contenait des pédoncules dressés ayant de 15 à 22^{mm} de longueur, le second comprenait des pédoncules recourbés longs de 155 à 195^{mm} et le troisième des pédoncules redressés de 230 à 275^{mm}. Dans le premier cas, les pétales étaient petits et blancs ou transparents, dans le second ils étaient roses, et dans le troisième la fleur rouge était épanouie. Les quantités d'eau trouvées dans ces trois lots ont été, dans l'ordre : 83,9, 89,1, 83,6 pour 100. Une seconde expérience, répétée dans des conditions extérieures semblables, a donné les teneurs en eau de 84,9, 85,6 et 84,7 pour 100; ces valeurs sont plus voisines les unes des autres que dans le premier essai, résultat en relation avec le nombre triple d'échantillons dont les dimensions plus variées correspondent à des

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1930, p. 177.

états intermédiaires de développement. Le pédoncule floral renferme donc un maximum d'eau au moment où il va se redresser, et un minimum lorsque la fleur est épanouie.

Pour interpréter ces faits il suffit de considérer la succession des phénomènes qui se produisent au cours de la floraison. Lorsque le bouton floral est jeune et que le pédoncule est dressé ou recourbé, la surface d'évaporation de la fleur est limitée à l'enveloppe de sépales. Au moment où la fleur s'épanouit, alors que le pédoncule s'est redressé, la surface florale en contact avec l'air devient celle des pétales, faces interne et externe, *celle des nombreuses étamines* et celle du pistil avec ses rayons stigmatiques. La chute des sépales provoque une brusque augmentation de la surface d'évaporation d'environ 1 à 15.

On peut vérifier expérimentalement cette hypothèse. Exceptionnellement les sépales se détachent avant que le redressement ne se soit effectué; celui-ci reste incomplet et la fleur épanouie est penchée. Partant de cette observation, nous avons sectionné les sépales de boutons floraux correspondant au stade 2; la moitié de ces boutons épanouis a été enfermée dans des sacs de cellophane alors que les autres étaient laissés à l'air, opération qui limite ou favorise l'évaporation par la fleur avant le redressement, le traumatisme étant le même dans les deux cas. Voici le résultat d'une de ces expériences : fleur n° 1, longueur du pédoncule 85^{mm}, bouton pendant, les sépales sont supprimés et les pétales roses enfermés dans un sac; fleur n° 2, longueur du pédoncule 95^{mm}, bouton pendant, les sépales sont sectionnés, les pétales roses ne sont pas enveloppés; le surlendemain, le n° 1 s'est redressé, le n° 2 ne présente pas de modification sur les jours précédents; au bout du quatrième jour, le n° 2 à pétales non protégés ne s'est pas encore redressé. Ceci se passe en période favorable, c'est-à-dire par beau temps sec.

L'ablation des sépales retarde peu le redressement de la fleur par temps humide; par temps sec, le redressement des boutons opérés est inappréciable durant 3 jours consécutifs, il se produit néanmoins le quatrième jour si l'atmosphère est saturée depuis 24 heures, ainsi que nous l'avons constaté dans une de nos expériences.

En résumé la teneur en eau du pédoncule floral du Coquelicot passe par un maximum alors que celui-ci, encore pendant, va se redresser; l'évaporation intense que provoque l'épanouissement à l'air, en augmentant les surfaces libres de la fleur, empêche ou tout au moins retarde de plusieurs jours le redressement du pédoncule.

ANATOMIE. — *Interprétation du cerveau de l'Hippopotame par l'étude d'un stade embryonnaire.* Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Louis Bouvier.

La morphologie du cerveau de l'Hippopotame est restée incompréhensible jusqu'ici. Les interprétations qu'on en a données se trouvent en complet désaccord avec ce que nous ont appris les recherches récentes sur le développement du cerveau du Porc, du Mouton et du Bœuf (R. Anthony, et J. de Grzybowski, 1930-1936).

Grâce à M. H. de Schouteden, directeur du Musée de Tervueren, j'ai pu étudier le cerveau d'un jeune fœtus d'*Hippopotamus* (*Tetraprodon*) *amphibius* L. au stade précis qu'il était nécessaire de connaître pour fixer la position de la *suprasylvia*, laquelle donne, comme l'on sait, la clef de la morphologie néopalléale tout entière.

Les sillons qui existent sur le cerveau de ce fœtus sont les suivants :

1° Les rhinales antérieure et postérieure, la seconde étant plus marquée que la première. D'où il s'ensuit que la rhinale postérieure se développe ici, comme chez les Équidés, avant l'antérieure, alors que c'est le contraire qui s'observe, en règle générale, notamment chez les Ongulés artiodactyles.

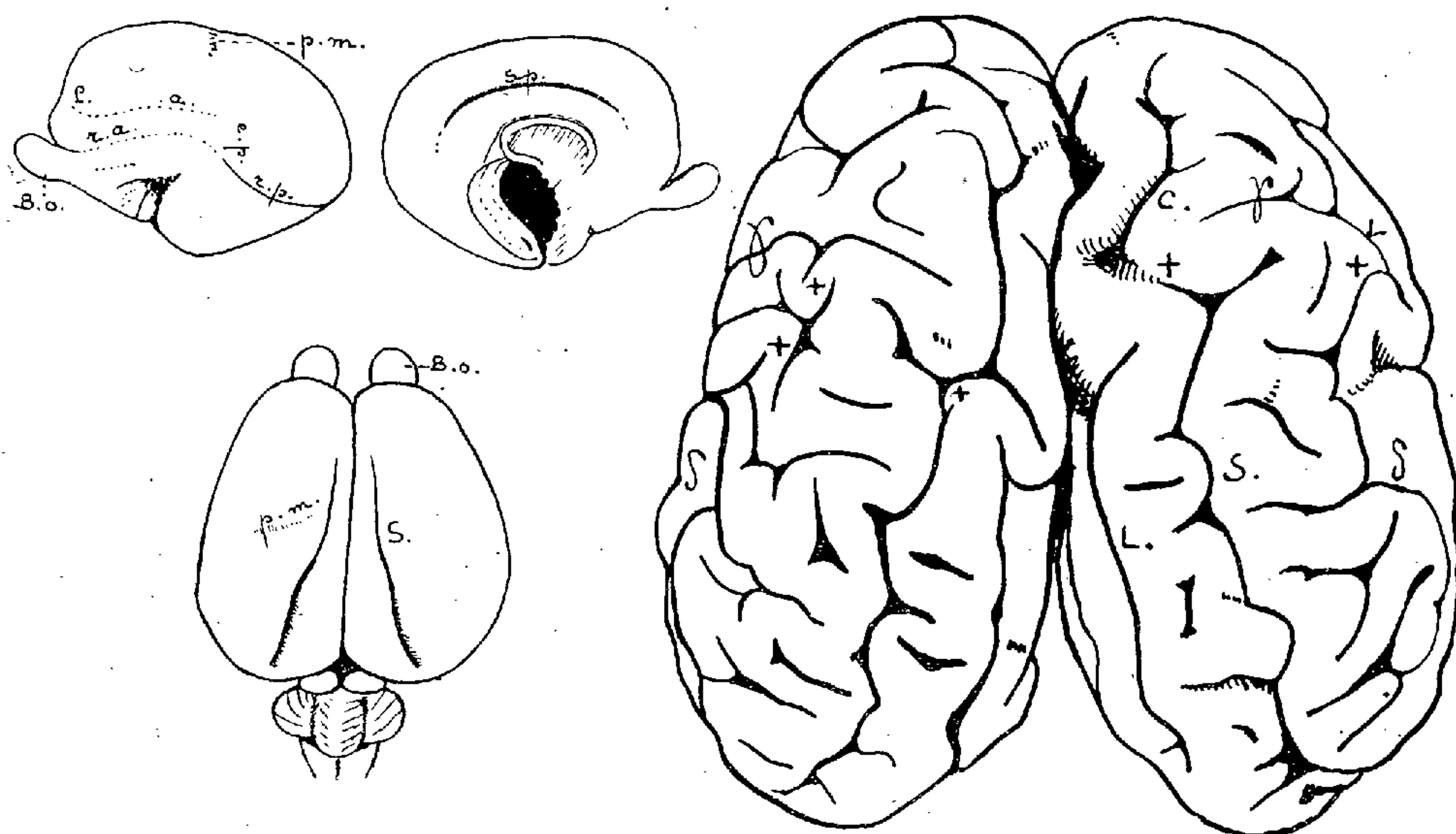
2° L'*ectosylvia*, limite supérieure du *girus arcuatus* n° 1 qui s'operculisera par la suite; elle est seulement indiquée, et surtout du côté gauche. L'*ectosylvia* postérieure, oblique d'avant en arrière et de haut en bas, est plus marquée que l'antérieure qui est très allongée dans le sens antéro-postérieur et rectiligne; ceci montre que l'*ectosylvia* postérieure se développe avant l'antérieure comme chez le Mouton, et contrairement à ce qui s'observe chez le Porc et le Bœuf.

3° La *presylvia*, qui est indiquée dans le prolongement de l'*ectosylvia* antérieure.

4° Un long sillon rectiligne de direction antéro-postérieure, légèrement oblique d'avant en arrière et de dedans en dehors, et qui indique, par sa grande profondeur, la précocité de son développement. On sait que le premier sillon qui apparaît à la face externe du *neopallium* est la *suprasylvia*; on peut donc reconnaître la *suprasylvia* dans le sillon que je viens de mentionner.

5° Le splénial (partie moyenne), qui est seul marqué sur la face interne et qui est très profond.

Les constatations faites sur ce cerveau fœtal permettent d'interpréter le cerveau de l'adulte. Sur celui-ci, la *suprasylvia*, maintenant identifiée, se reconnaît facilement à sa position, à sa forme et à sa direction. Dans son prolongement est le coronal (ainsi qu'il est de règle chez les Ongulés artiodactyles), en dedans d'elle, le latéral, et, en dehors d'elle, les sillons γ et δ qui tendent à subdiviser le *gyrus arcuatus* n° 2 en deux étages et avaient, jusqu'ici, été interprétés par la plupart des auteurs comme la *suprasylvia* elle-même.



Hippopotamus (*Tetraprodon*) *amphibius* L.

A gauche : Cerveau d'un fœtus (longueur totale approximative du fœtus : 190mm) provenant du Congo belge. *En haut*, à gauche : face externe gauche; à droite : face interne gauche. — *En bas :* face supérieure, indiquant la position de la *suprasylvia*, très près de la scissure interhémisphérique. — *A droite* : face supérieure du cerveau d'un individu âgé de 5 jours. Dès la naissance, les sillons du télencéphale sont, chez l'Hippopotame, les mêmes qu'à l'âge adulte r. a. rhinale antérieure; r. p. rhinale postérieure; e. a. *ectosylvia* antérieure; e. p. *ectosylvia* postérieure; P. *presylvia*; S. *suprasylvia*; L. latéral; C. coronal; B. o. bulbe olfactif; p. m. sillon *post-mortem*.

En résumé, le cerveau de l'Hippopotame se caractérise principalement par :

1° l'aspect rectiligne de l'ensemble de ses sillons néopalléaux, comme chez les Artiodactyles sélénodontes (Ruminants) et contrairement à ce que l'on observe chez les Suidés, seuls représentants actuels, avec l'Hippopotame, des Artiodactyles bunodontes;

2° l'étalement antéro-postérieur, comme chez les grands Ruminants, du complexe sylvien qui est, comme l'on sait, l'ouverture donnant accès à la région operculisée (*gyrus arcuatus* n° 1);

3° le grand développement du *gyrus arcuatus* n° 2, subdivisé en deux étages par les sillons γ et δ. Cette division du *gyrus arcuatus* n° 2 existe, en principe, chez tous les Artiodactyles et est surtout nette chez ceux de grande taille; mais, nulle part, on ne constate cette disposition au même degré que chez l'Hippopotame. C'est cette extension en hauteur du *gyrus arcuatus* n° 2 qui fait que la *suprasylvia* est reportée si près de la scissure interhémisphérique et n'avait point été reconnue jusqu'ici.

HISTOLOGIE. — *Caractères morphologiques du réseau de Purkinje du cœur de l'homme.* Note [1] de M. **Marc Romieu**, Mlle **Gabrielle Linas** et M. **Georges Jullien**, présentée par M. Maurice Caullery.

La question de l'existence du réseau de Purkinje dans le cœur de l'homme est encore controversée. On a admis pendant longtemps comme une notion classique qu'on ne trouvait rien dans le cœur humain qui pût être comparé aux cellules décrites par Purkinje dans l'endocarde du mouton, du bœuf et du porc et qu'Obermeier avait retrouvées chez un grand nombre de Mammifères. Quelques auteurs cependant, parmi lesquels nous citerons Moenckeberg [2], G. Levi [3] et son élève Rondolini [4], à la suite des travaux de Tawara et d'Aschoff, ont considéré comme faisant partie du système atrio-ventriculaire les fibres qu'on rencontre sous l'endocarde des muscles papillaires chez l'homme et qui offrent certains caractères particuliers. Mais cette opinion n'a pas été partagée par tous les anatomistes, et, dans un article récent, Géraudel [5] a contesté l'existence du réseau de Purkinje chez l'homme, niant même la division en deux branches du faisceau de His.

De nos recherches, ayant porté sur une série de cœurs provenant de

(1) Séance du 22 novembre 1937.

(2) J. G. Moenckeberg, *Untersuchungen ueber das Atrioventrikularbuendel im menschlichen Herzen*, Iéna, 1908.

(3) G. Levi, *Trattato di Istologia*, Torino, 1927.

(4) G. Rondolini, *Monitore zoolog. ital.*, **47**, 1936, p. 113; *Zeitschr. f. Anatomie u. Entwickl.*, **106**, 1937, p. 782.

(5) E. Géraudel, *Presse médicale*, **42**, n° **92**, 17 nov. 1934, p. 782.

suppliciés, de nouveaux-nés, de fœtus ou encore d'autopsies, résultent les observations suivantes :

Dans le cœur humain, aussi bien au niveau des oreillettes que des ventricules, on trouve des fibres qui se distinguent par plusieurs caractères des fibres cardiaques proprement dites. Elles sont le plus souvent disposées en faisceaux formant une sorte de réticulum sous l'endocarde. Ce réseau est noyé dans un tissu conjonctif abondant et fréquemment séparé du tissu myocardique par une couche de tissu adipeux. La musculature des colonnes charnues de troisième ordre est presque exclusivement constituée par ces fibres, qui sont parfois disposées en une nappe continue sous l'endocarde, en particulier au voisinage de l'apex ventriculaire.

Ces fibres sous-endocardiques se distinguent des fibres cardiaques proprement dites par leur volume. Alors que celles-ci ont une épaisseur de 15 à 20 microns, les fibres du réseau sous-endocardique peuvent atteindre 80 à 100 microns. Ces dernières sont remarquables par leur richesse en sarcoplasme, qui forme une sorte de fuseau central dans l'axe de la fibre. De plus, les myofibrilles sont groupées en colonnettes aplaties disposées sous le mince sarcolemme, alors que, dans les fibres cardiaques ordinaires, le sarcoplasme est beaucoup moins abondant et les colonnettes de myofibrilles sont réparties dans toute l'épaisseur de la fibre. On observe cependant quelquefois, dans les fibres géantes riches en sarcoplasme, des myofibrilles isolées dans le fuseau sarcoplasmique, mais leur disposition est irrégulière et souvent oblique par rapport au grand axe. Dans les fibres cardiaques ordinaires, les myofibrilles sont toujours rigoureusement parallèles entre elles.

On observe fréquemment sous l'endocarde la disposition intriquée des myofibrilles, avec passage de ces myofibrilles d'une énergide à l'autre, rappelant les formations stellaires décrites par Marceau ([6]) chez le mouton et par Van der Stricht et Todd ([7]) dans les nœuds du cœur humain. Ces deux derniers auteurs classent ces formations dans le groupe des cellules purkiniennes courtes ou embryonnaires. Nous avons du reste constaté l'existence chez l'homme, au niveau des colonnes charnues du troisième ordre des ventricules, de cellules globuleuses rappelant, quoiqu'elles

---

([6]) F. Marceau, *Bibl. anat.*, **10**, fasc. 1, 1902, p. 1.

([7]) O. van der Stright et T. Wingate Todd, *The Johns Hopkins Hospit. Reports*, **19**, 1920, p. 1-69, 13 pl.

soient de plus petite taille, les cellules décrites par Purkinje dans le cœur du mouton et dénommées par Marceau cellules sphériques ou polyédriques.

Par tous leurs caractères, les fibres sous-endocardiques du cœur de l'homme rappellent les fibres qui entrent dans la constitution du nœud de Tawara et du faisceau de His, ainsi que nous avons pu le vérifier sur plusieurs sujets. Elles méritent d'être considérées comme des fibres purkiniennes véritables ([8]).

De nos constatations il résulte qu'on trouve, chez l'homme, un réseau sous-endocardique formé de fibres spéciales, développé surtout au niveau des ventricules et qui représente la terminaison du système atrio-ventriculaire. Ces fibres appartiennent au type des fibres purkiniennes longues ou des fibres de transition, comme celles qu'on observe dans le faisceau de His. Par endroits, elles sont du type des fibres purkiniennes courtes avec myofibrilles intriquées.

Si l'existence du réseau de Purkinje a pu être niée chez l'homme par de nombreux auteurs, c'est qu'il est formé de fibres qui se rapprochent assez par leur structure des fibres myocardiques ordinaires, au moins à première vue, mais s'en distinguent cependant par leur taille, l'abondance de leur sarcoplasme, leur faible sidérophilie, la localisation généralement corticale des sarcostyles, la disposition souvent enchevêtrée des myofibrilles.

MICROBIOLOGIE. — *Diminution de l'action pathogène de quelques souches microbiennes cultivées dans un milieu lécithiné.* Note de MM. **Baruch Samuel Levin** et **Leo Olitzki**, présentée par M. Charles Achard.

On montre que la culture de huit espèces microbiennes appartenant au groupe *Typhus-Coli* et au groupe dysentérique, dans un milieu liquide contenant de la lécithine colloïdale, entraîne la disparition partielle ou totale de l'action pathogène de ces bactéries vis-à-vis de la souris.

([8]) Voir les microphotographies illustrant notre travail, *Le réseau de Purkinje du cœur de l'homme* [*Comptes rendus Ass. des Anatom.*, 32e réunion, Marseille, 1937, Nancy (sous presse)].

Les souches microbiennes suivantes ont été employées dans nos expériences : *B. Coli;* B. dysentérique (Shiga); B. dysentérique (Hiss); B. typhique, souches H901 (Weil et Félix) et 0,901 (Félix et Olizki); Ty_2 Vi (Félix et Pitt); B. Gaertner; B. Ærtryke.

La solution mère de lécithine (lécithine colloïdale) contenait 10 pour 100 de lécithine d'œuf, 8 pour 100 de glycérine et 82 pour 100 de solution de Ringer.

Les microbes servant aux expériences avaient été cultivés sur bouillon nutritif contenant différentes proportions de lécithine. Les passages, aussi bien pour les cultures lécithinées que pour les témoins, étaient en moyenne effectués toutes les 36 heures. On ajoutait la lécithine dans les proportions voulues, quelques heures avant les repiquages.

Pour les expériences, on injectait une quantité donnée de bactéries, provenant des huit souches susmentionnées à des souris de sexe et poids correspondants, réparties en huit lots. Étant donné que le taux de croissance des bactéries cultivées sur bouillon lécithiné pouvait différer de celui des bactéries témoins, on déterminait la quantité microbienne par la méthode de numération des colonies dans des boîtes de Petri, en comptant des dilutions de la culture dans une cellule hématométrique et enfin en injectant aux animaux, après pesée, une partie du culot de centrifugation, repris dans l'eau salée. Notons que dans la plupart des cas le développement des cultures lécithinées était au moins aussi abondant que chez les témoins.

Sept jours après l'injection, les animaux étaient sacrifiés et le sang du cœur, le foie et la rate étaient ensemencés en bouillon et sur gélose.

Expérience I. — Après 10 passages sur bouillon lécithiné à 1 pour 1000, on injectait à 100 souris 50 millions jusqu'à 1 milliard de bactéries, suivant l'action pathogène de la souche microbienne employée. 100 animaux témoins recevaient la quantité correspondante de bactéries cultivées sur bouillon.

Résultats :

Animaux d'expérience, morts de septicémie	10 %
Animaux témoins, morts de septicémie	20 %

Dans ces chiffres, ainsi que dans ceux de l'expérience II, la mortalité avec Ty_2 *Vi* n'est pas inclue. Elle était du même ordre dans les deux cas.

Expérience II. — Après 110 passages sur bouillon lécithiné à 2 pour 100, 50 animaux d'expérience recevaient une injection de $0^{cm^3},5$ d'une culture lécithinée âgée de 24 heures et 50 autres recevaient $0^{cm^3},1$. Une quantité microbienne correspondante était aussi injectée aux 100 souris témoins.

Résultats :

Animaux ayant reçu $0^{cm^3},5$ de la culture lécithinée, morts de septicémie	6 %
Animaux témoins, morts de septicémie	68 %

Expérience III. — Résultats :

Animaux d'expérience, ayant reçu $0^{cm^3},1$ de la culture lécithinée, morts de septicémie	0 %
Animaux témoins, morts de septicémie	28 %

Dans ces chiffres, ainsi que dans ceux de l'expérience suivante, la mortalité pour Ty_2Vi est inclue. Elle était moins importante ou nulle chez les animaux injectés avec la culture lécithinée.

Expérience IV. — On employait la même technique que dans l'expérience précédente, mais, pour éliminer une action possible des lipoïdes contenues dans le bouillon nutritif ordinaire, on faisait une extraction prolongée de la viande utilisée pour la préparation du bouillon dans un appareil de Sohxlet par l'alcool, l'éther et l'acétone.

Résultats :

50 animaux d'expérience, injectés de $0^{cm^3},5$ d'une culture lécithinée de 24 heures, morts de septicémie	18 %
50 animaux témoins, morts de septicémie	40
50 animaux d'expérience, injectés de $0^{cm^3},1$ d'une culture lécithinée.	0
50 animaux témoins	18

En comparant les chiffres de nos expériences on remarque que l'atténuation de l'action pathogène des diverses souches étudiées est très marquée, au cas de l'injection de doses microbiennes moyennes, et que le pouvoir protecteur de la lécithine est moins prononcé après l'injection de doses microbiennes massives.

Des recherches concernant le pouvoir vaccinant des bacilles atténuées par la culture sur milieu lécithiné, ainsi que l'action de la lécithine sur les endotoxines sont en cours. Nous publierons ultérieurement les détails de nos expériences, qui concernent jusqu'ici plus de 1000 souris, dans un autre Recueil.

Rappelons que Calmette attribuait en partie aux lipoïdes l'atténuation

de B. C. G., et que Iwo Lominski [2] se prononçait en faveur de la lécithine comme un des agents causant cette transformation du bacille tuberculeux.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Nouveau type de pseudo-grasserie observé chez les chenilles d'*Euxoa segetum. Note de M. **André Paillot**, présentée par M. Paul Marchal.

Les recherches effectuées en 1937 sur les maladies infectieuses des chenilles d'*Euxoa segetum* ont permis de découvrir un nouveau type de pseudo-grasserie dont la pathogénie diffère sensiblement de celle des deux autres types étudiés jusqu'ici. La cause morbide est un ultravirus visible aux grossissements ordinaires du microscope. Comme ceux décrits jusqu'ici, les éléments virulents sont colorables sur frottis par le Ziehl à chaud et par le Fontana-Tribondeau; ils se présentent, comme eux, sous l'aspect de petits cocci mesurant $0^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$ de diamètre. Un certain nombre ne sont colorables que sur leur pourtour ce qui leur donne l'apparence de spores; rien cependant ne permet d'affirmer qu'il s'agit effectivement de formes de résistance.

En examinant à l'état frais le sang de chenille en état d'infection on constate la présence, en plus ou moins grand nombre, de boules hyalines remplies d'éléments virulents animés de mouvements browniens très rapides. Ces boules émanent des cellules parasitées et on peut les observer en grand nombre en écrasant entre lame et lamelle des cellules adipeuses parasitées. Elles présentent les plus grandes analogies avec celles que j'ai décrites dans le sang des Vers à soie atteints de grasserie; mais alors que les granules de ces dernières ne sont visibles que sur fond noir, les autres peuvent être facilement observés au microscope ordinaire.

Les chenilles succombent généralement à l'infection sans présenter toujours la teinte blanchâtre qui constitue le symptôme le plus apparent des pseudo-grasseries 1 et 2. Peu après la mort, le corps noircit et tombe en déliquescence. On a donc affaire ici à une maladie d'un type beaucoup plus malin que celui des deux autres; à ce point de vue, on peut la rapprocher

(2) Iwo Lominski, *Annales Inst. Pasteur*, 49, 1932, p. 194.

de la pseudo-grasserie des chenilles de *Pieris brassicæ* étudiée en 1926 ([1]); elle évolue cependant plus lentement que cette dernière.

Le corps adipeux des chenilles malades est sensiblement moins volumineux que celui des chenilles atteintes de pseudo-grasserie 1 ou 2. En prélevant un fragment de tissu et l'examinant *in vivo* à un faible grossissement, on est tout de suite frappé par l'opacité et la teinte brun-clair du noyau dont les dimensions apparaissent très supérieures à la normale.

Si l'on examine un frottis de sang de chenilles malades après coloration au Giemsa, on ne constate aucune lésion appréciable des cellules sanguines; les boules hyalines remplies d'éléments virulents se présentent sous l'aspect de masses arrondies colorées en bleu et d'aspect finement granuleux. Le virus libre dans le sang n'est pas mis en évidence par le colorant.

Après fixation par le mélange de Helly et coloration des coupes par l'hématoxyline ferrique, les noyaux du tissu adipeux et des cellules épidermiques et trachéales apparaissent généralement très altérés.

Les nucléoles ont tendance à se grouper en petits amas fortement colorables par l'hématoxyline. Des plages d'apparence homogène, faiblement colorées par l'hématoxyline, apparaissent dans l'aire nucléaire et rejettent en dehors grains chromatiniens et nucléoles : ce sont les masses parasitaires qui envahissent petit à petit le noyau. A un stade plus avancé, le noyau se présente comme une énorme masse où les éléments parasitaires sont parfois bien mis en évidence, en particulier après fixation par le Duboscq-Brasil. Le cytoplasme des cellules adipeuses reste vacuolaire, alors que chez les chenilles atteintes de pseudo-grasserie 1 ou 2, il se remplit rapidement d'éléments parasitaires. Au terme des processus morbides, la cellule se présente sous l'aspect d'une masse très vacuolaire au centre de laquelle on distingue la masse parasitaire finement granuleuse qui occupe la place du noyau ; à l'intérieur ou sur le pourtour de cette masse, on observe des débris épars ou agglomérés de substance chromatinienne et nucléolaire.

Contrairement à ce qui se passe dans les autres pseudo-grasseries des chenilles d'*E. segetum*, on ne constate jamais de rajeunissement cellulaire au niveau du tissu adipeux; par contre, on observe souvent une infiltration de ce tissu par les éléments du sang qui entourent plus ou moins complète-

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 180.

ment les cellules comme pour chercher à les isoler les unes des autres; il peut se former aussi de petits nodules folliculeux analogues à ceux que j'ai décrits chez les chenilles atteintes de pseudo-grasserie 1. S'agit-il là de réaction d'immunité destinée à enrayer la marche des processus infectieux? On ne saurait l'affirmer, car l'infection continue malgré l'afflux des amibocytes; beaucoup de ceux-ci d'ailleurs dégénèrent et leur noyau devient picnotique.

Le nouveau type de pseudo-grasserie étudié ici constitue bien une entité morbide définie différente des autres types de pseudo-grasserie étudiés précédemment; elle sera désignée sous le nom de *pseudo-grasserie* 3. Elle paraît très contagieuse, aussi bien par la voie intestinale que par la voie sanguine; les lésions cellulaires ne sont guère apparentes que 10 à 12 jours après la contamination à la température moyenne de 10°C. environ.

La séance est levée à 15h55m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 29 novembre 1937.)

Note de M. *Marc Krasner*, Le nombre des surcorps d'un degré donné d'un corps de nombres $\mathfrak{p}$-adiques :

Page 1026, ligne 11, *au lieu de* $\{f, h\})$, *lire* $\{f, h\})$; ligne 27, *au lieu de* $\mathfrak{p}$, *lire* $\mathfrak{P}$.

Page 1027, ligne 20, *au lieu de* parcourent, *lire* parcourant; ligne 24, *au lieu de* le nombre de, *lire* le nombre des; ligne 26, *au lieu de* $\mathfrak{p}^n$, *lire* $\mathfrak{P}^u$.

Page 1028, ligne 4, *au lieu de* n, *lire* u; ligne 5, *au lieu de* $(^4)$, *lire* $(^4))$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1937.

Traité de pédologie. Tome II, *Pédologie agricole,* par Henri Erhart. Strasbourg, Institut pédologique, 1937; 1 vol. 25cm (présenté par M. A. Chevalier).

Précis de Chimie organique, par Victor Grignard. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. G. Urbain).

Vie et transmutations des atomes, par Jean Thibaud, in *Sciences d'aujourd'hui.* Paris, Albin Michel, 1937; 1 vol. 19cm,5 (présenté par M. G. Urbain).

Bibliographie géologique et minière de la France d'Outre-mer, par F. Blondel, in *Publications du bureau d'études géologiques et minières coloniales.* Tome I. Paris, 1937; 1 vol. 24cm,5.

La végétation lichénique du Massif armoricain. Étude chorologique et écologique, par H. des Abbayes. Rennes, Imprimerie Oberthur, 1934; 1 vol. 25cm et divers tirages à part.

Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. *Le Jura,* par Emmanuel de Margerie. Deuxième partie. Paris, Imprimerie nationale, 1936; 1 vol. 32cm,5.

Carte géologique de Sumatra, au 1/200000e. Feuille 7, *Bintœhan,* 1937; 1 planche 55cm × 59cm.

Geologische Kaart van Sumatra. Schaal 1/200000e. Tœlichting bij blad 7 (*Bintœhan*), par C. H. van Raalten, in *Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indie,* 1937; 1 fasc. 27cm (en langue hollandaise).

Carte géologique de Sumatra, au 1/200000e. Feuille 9, *Gedongratœ,* 1937; 1 planche 54cm × 57cm,5.

Geologische Kaart van Sumatra. Schaal 1/200000e. Tœlichting bij blad 9 (*Gedongratœ*), par J. F. van Tuyn, in *Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indié,* 1937; 1 fasc. 27cm (en langue hollandaise).

Carte géologique de Sumatra, au 1/200000e. Feuille 16, *Lahat,* 1937; 1 planche 62cm × 55cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 20 DÉCEMBRE 1937

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

En ouvrant la séance, M. **Emmanuel Leclainche** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Une tradition respectable entre toutes veut qu'un solennel hommage soit publiquement rendu dans cette séance annuelle à la mémoire de nos Confrères disparus dans l'année.

Le 20 janvier, l'Académie perdait en la personne d'Henri Douvillé l'un de ses doyens les plus honorés. Après de brillants débuts d'ingénieur, il est attaché à l'École des Mines; c'est là qu'il réalise sur les Invertébrés fossiles des études qui lui permettront de suivre au delà des temps secondaires l'évolution de la Mésogée et celle des périodes géologiques révolues. Représentant éminent de la paléontologie et de la géologie, il fut estimé autant pour sa science que pour la distinction de son esprit et la noblesse de son caractère.

Louis Mangin est décédé le 27 janvier, à l'âge de 84 ans, après avoir rempli une longue carrière de savant et d'administrateur. Agrégé de l'enseignement classique et professeur au Lycée Louis-le-Grand, il poursuit sur la physiologie végétale et la phytopathologie une série d'études qui le classent parmi les meilleurs botanistes de l'époque. Appelé au Muséum d'Histoire naturelle pour occuper la chaire consacrée aux Cryptogames, Mangin devient directeur en 1920; il infuse une vie nouvelle à l'antique maison de Cuvier, en même temps qu'il réalise une série d'importantes créations.

Un mois s'était à peine écoulé quand Paul Janet disparaissait à son tour, le 21 février. Peu après sa sortie de l'École Normale, il est envoyé à

Grenoble pour y professer la physique générale à la Faculté des Sciences. Il comprend aussitôt les possibilités indéfinies qu'offre l'utilisation des sources d'énergie mécanique, abondantes dans la région, et il se consacre avec l'enthousiasme de la jeunesse et de la foi à un enseignement élémentaire de l'électricité industrielle. Un Institut électrotechnique est édifié en quelques mois. Un mouvement est déclenché qui s'étendra rapidement à tout le pays. Rappelé à Paris, Janet continue son apostolat à l'École supérieure d'Électricité, organisée sous sa direction. C'est là qu'il poursuit pendant quarante années sa mission et ses travaux, en même temps qu'il forme un admirable corps de savants techniciens. On put apprécier, au lendemain de sa mort, la place qu'il tenait dans la science et dans l'industrie, mais il avait eu au moins le temps d'achever la tâche qu'il s'était proposée et son œuvre perpétuera sa mémoire.

C'est une solide vocation qui dirige la laborieuse carrière du naturaliste Charles Gravier et qui l'attache au Muséum d'Histoire naturelle. Ses recherches sur les Polypes alcyonaires, sur les Annélides et sur certains Crustacés, poursuivies au cours de lointaines campagnes et au laboratoire, intéressent non seulement la zoologie, mais aussi la biologie générale. Son œuvre, faite d'observations consciencieuses et plusieurs fois contrôlées, lui assure une place d'honneur parmi les zoologistes de son temps.

L'Académie a perdu deux de ses Associés étrangers :

Leonardo Torres y Quevedo, mort à Madrid le 18 décembre de l'année dernière, joignait à une haute culture scientifique une étourdissante ingéniosité dans la réalisation des conceptions mécaniques. Il est connu surtout par la substitution aux machines à calculer dites arithmétiques des machines algébriques. La construction de son automate joueur d'échecs est la plus populaire de ses créations, mais ses travaux d'ingénieur le classent parmi les spécialistes les plus originaux et les plus habiles.

Lord Rutherford of Nelson figure au premier rang dans la pléiade des physiciens de la radioactivité. Associé aux travaux de son maître, Joseph John Thomson, il lui succède dans la chaire de Cambridge après avoir enseigné à Montréal et à Manchester. Son explication de la radioactivité par la transmutation des éléments et la brisure de l'atome est devenue classique, comme ses conceptions sur la constitution et la désintégration de

l'atome. Une science nouvelle, la physico-chimie des transmutations de la matière est créée et ses développements sont indéfinis.

Nous avons aussi à déplorer la perte de plusieurs de nos Correspondants :

Joseph Auclair appartenait à la Section de Mécanique depuis 1927. Chef de Service au Laboratoire de Mécanique de Bellevue, il avait acquis une légitime autorité dans les questions de construction et d'essais de machines.

Le Professeur Amé Pictet, de l'Université de Genève, était l'un des maîtres les plus réputés de la chimie organique. Sa synthèse de la nicotine et d'une série d'alcaloïdes végétaux, ses études sur les glucides et sur l'origine des pétroles donnent la mesure de son esprit philosophique et de son habileté expérimentale.

Le nom de Louis Ravaz, professeur à l'École d'Agriculture de Montpellier, est lié, avec celui de Viala, à l'étude de la Vigne et de ses maladies. On lui doit la reconstitution du vignoble des Charentes et la découverte de procédés efficaces de lutte contre le mildiou. Il appartenait depuis 1927 à la Section d'Économie rurale.

Albert Heim, de Zurich, fut l'une des grandes figures de la géologie alpine. Il était Correspondant de l'Académie depuis 1906. Son œuvre comprend des études générales sur les grands phénomènes terrestres et de très belles recherches sur les massifs de l'Helvétie, couronnées par un admirable ouvrage sur la géologie de la Suisse.

Le chanoine Jean-Baptiste Senderens poursuivit des recherches sur les métaux nitrés, sur l'hydrogénation et la déshydrogénation des alcools, puis sur l'hydrogénation sous pression des sucres et des polyphénols, jusqu'à la synthèse des phénols. L'Académie s'était attachée depuis 1922 ce savant modeste et original et, jusqu'à ses derniers jours, il lui apporta avec le même entrain le résultat de ses travaux.

Enfin George Albert Boulenger, dont l'Académie apprenait la mort il y a quelques jours, partagea une vie entièrement consacrée aux Sciences naturelles entre l'observation des mœurs des Batraciens et des Reptiles et l'étude des Roses sauvages.

*
* *

Une partie du monde — et l'on ne sait encore si c'est la plus sage — a mis en la science sa foi et son espérance. La Déité nouvelle a provoqué, au cours de l'année tristement vécue qui s'achève, tant de créations et de commémorations, de discours et de consécrations, de solennités et d'apothéoses, qu'un nouvel hommage paraîtrait misérable et inopportun.

Mais le moment est favorable peut-être pour évoquer, sans risque de troubler la piété des fidèles et sans ajouter une page au livre toujours ouvert de la trahison des clercs, une question qui possède déjà le redoutable privilège d'avoir compromis plusieurs sciences et de nombreux savants.

On éprouve, à considérer du dehors et à distance respectueuse le problème de la race et du racisme, le plaisir, peut-être assez malsain, que Dante devait ressentir en parcourant les cercles de l'Enfer, et l'on perçoit le frisson que donne la crainte de se laisser entraîner dans quelque ronde satanique.

Nul thème ne paraît plus innocent que celui de la race lorsque Bernardin de Saint-Pierre en disserte agréablement sur le plan sentimental; mais déjà Rousseau et les encyclopédistes l'exploitent, sous le masque de la philosophie, pour des fins sociologiques. Kant se préoccupe de l'être et du devenir des races humaines; partant de l'idée créationiste d'un type unique, il voit en elles des déformations permanentes dues aux influences du milieu extérieur et transmises indéfiniment si leurs caractères ne sont pas modifiés par le croisement. En désaccord avec les théories françaises, il doute que le mélange des races, « en dépit des conceptions soi-disant philosophiques », puisse être favorable à l'espèce humaine.

On ne possède que de vagues indications sur la couleur respective des fils de Noé; mais on croyait savoir, par une observation de chaque jour, que leur postérité avait donné des blancs, des jaunes et des noirs, dont le teint n'avait pas sensiblement varié au cours des siècles. C'était une erreur, et la preuve qu'il ne faut point juger sur des apparences. Une science nouvelle, l'ethnologie, démontre qu'il s'agit non d'une illusion d'optique, mais d'une erreur de jugement : Il existe bien des races blanches et des races jaunes; il existe même des races noires — qu'il convient d'appeler brunes pour ne leur causer aucune peine —, mais elles sont reliées entre elles par une série de types intermédiaires et, la délimitation des groupes étant impossible, mieux vaut renoncer à les considérer.

L'origine des espèces vivantes nous étant inconnue, il est loisible de choisir entre une série d'hypothèses, d'ailleurs invérifiables, et qui peut-être ne contiennent pas une parcelle de vérité. Si, comme on tend à le penser aujourd'hui, les types humains sont apparus au cours d'une même période géologique, on peut admettre qu'ils se sont différenciés *ab initio*, sous l'action du milieu, et qu'ainsi des races primitives ont été constituées. Toutefois, les ethnologues estiment que des croisements ont dû se produire très vite et que, s'il existe encore des races pures pendant le paléolithique, toutes sont adultérées dès le mésolithique. Le mélange s'accentue à un rythme accéléré au cours des siècles, en raison des migrations dues à la modification des climats, de l'exode des populations pastorales à la recherche de meilleures conditions d'existence; plus tard, des déplacements incessants des groupes, puis des individus. Ainsi s'opèrent, par fusion rapide ou par infiltration lente, des mélanges ethniques toujours plus intimes; après des siècles d'un brassage permanent, il devient impossible de classer les centaines de millions d'êtres disparates qui constituent l'actuelle humanité. La conclusion des ethnologues est formelle : depuis bien longtemps, il n'existe plus de races humaines.

Ce qui n'empêche nullement qu'une science nouvelle, l'anthropologie, est créée précisément pour procéder à la diagnose des mêmes races, et qu'une autre science, nouvelle aussi, l'ethnographie, a pour objet la reconstitution de leur histoire.

Le paradoxe est trop apparent pour qu'on ne tente point de l'expliquer. Un des premiers anthropologistes le souligne et l'interprète : « La race, dans l'état actuel des choses, est une conception abstraite, une notion de continuité dans la discontinuité, d'unité dans la diversité. C'est la reconstitution d'une chose réelle, mais directement insaisissable. Les races existent; on ne peut les nier; notre intelligence les comprend; notre esprit les voit; par le travail, nous les dégageons ..., mais, de fait, nulle part on ne les touche du doigt ».

La glose et le langage nous reportent au siècle d'Abélard et au jeu des syllogismes. C'est l'éternelle querelle des Nominaux et des Universaux qui se poursuit à travers les âges, et le théorème de Porphyre ne sera sans doute jamais résolu.

L'anthropologie adopte les caractères anatomiques comme base de la différenciation des races et de préférence les caractères osseux, qui lui permettront d'interroger les fossiles. Elle croit avoir trouvé un élément utilisable dans la mesure et la disposition des os du crâne et de la face

exprimées en rapports arithmétiques et géométriques. Les mathématiciens n'étant pas intervenus, on se contente de formules très simples et vérifiables par tous les observateurs.

La multiplicité des contrôles démontre l'insuffisance de la méthode. C'est en vain que l'on tente de la renflouer en invoquant d'autres caractères somatiques : taille, proportions, coloration des téguments et de l'iris, caractères des formations pileuses etc., et il ne semble point que la notion récente des propriétés sérologiques du sang et des humeurs lui fournisse un appoint utilisable.

La détermination métrique étant insuffisante pour la diagnose, on doit rechercher d'autres caractères et l'on fait appel à la linguistique, puis à l'histoire et à la sociologie. Ce sont des savants d'obédiences très diverses qui recherchent, chacun pour soi, des solutions partielles; ils achèvent de rendre inextricable un problème demeuré irrésolu.

Un nouvel avatar survient. La vieille question de la hiérarchisation des races est ressuscitée et elle passe aussitôt du plan de la philosophie à celui de la politique. Le racisme est né, et il fait quelque bruit dans le monde.

Cependant la doctrine est indéfendable, puisque aucun des critères proposés de la supériorité raciale n'a pu résister à l'examen. Le dernier invoqué, le pourcentage des « grands hommes » produit par chaque race, est vraiment puéril et il faudrait définir le « grand homme ». L'argument ne réussit qu'à inspirer cette douloureuse constatation que le génie est apparenté à la maladie autant et plus qu'à l'origine ethnique.

Si le racisme ne représente qu'une idéologie passagère parmi celles qui agitent les hommes, la question permanente de la race demeure posée devant la Science, et elle contient tout le devenir de l'humanité. Son étude serait grandement facilitée si ethnologues et anthropologues consentaient à reconnaître que la considération des documents extra-somatiques, d'où est né le racisme, n'a servi en rien à la diagnose des races et qu'elle l'a rendue totalement impossible. Et la question serait bien près d'être résolue s'ils voulaient aussi reconnaître que, sur le plan de la morphologie, l'étude de la race doit être poursuivie à la fois chez l'homme et chez les animaux domestiques.

Je sais que cette idée répugne à la plupart d'entre eux. L'un des directeurs spirituels d'une encyclopédie, d'ailleurs remarquable à tous égards, déclare que l'homme moderne doit rompre les derniers liens qui le rattachent à l'animalité. L'idée n'est pas nouvelle. Déjà Socrate et Platon l'ont imposée avec une incontestable autorité. L'Église chrétienne l'adopta

ensuite, moins sans doute par conviction que pour l'opposer aux religions de l'Orient. Ce sont des buts tout autres que poursuivent les libres esprits de la Renaissance; ce n'est pas seulement pour fixer l'expression du visage de la Joconde ou les formes du cheval de Francisco Sforza que Léonard de Vinci dissèque passionnément l'homme et les animaux; ce qu'il se propose, c'est d'intégrer l'homme dans la série animale. Si Descartes revient à l'orthodoxie avec sa théorie de l'automatisme des animaux, les disciples de d'Alembert cherchent à nouveau dans l'anatomie la démonstration de la nature animale de l'homme. Vicq d'Azyr et Fragonard enseignent l'anatomie comparée de l'homme et des animaux; Gœthe discute la signification phylogénique de l'os inter-maxillaire et il provoque la création à Weimar d'un musée d'anatomie comparée.

Sans doute, l'homme a quelque raison de croire qu'élevé au-dessus des êtres et des choses par la magie de la pensée, il peut s'extérioriser de la nature asservie par son génie. Pourquoi faut-il que l'homme et l'animal soient construits de semblable façon, avec des éléments identiques et parfois interchangeables; pourquoi faut-il que leur physiologie et leur pathologie se confondent? L'homme peut s'affranchir de la loi morale, et il le fait chaque jour davantage, mais son être physique demeure soumis à des lois naturelles qui paraissent inéluctables et sa génétique ne diffère en rien de celle des mammifères qui l'entourent. Il peut renoncer au titre d'*Homo sapiens* que Linné lui avait généreusement attribué; il peut repousser comme indigne de sa souveraineté celui d'*Homo faber* qu'un grand philosophe lui a récemment concédé, il n'en restera pas moins le représentant d'un genre zoologique épinglé pour toujours dans la série animale.

Avant même que fussent créées l'ethnologie humaine et l'anthropologie, il existait une ethnologie animale et une zoologie spéciale des animaux domestiques. La Convention avait créé des chaires pour enseigner « le gouvernement des animaux domestiques », c'est-à-dire l'étude de leur entretien et de leur amélioration. La science ainsi élaborée deviendra plus tard la zootechnie, qui correspond à l'anthropotechnie des auteurs actuels.

Les premiers zootechniciens opèrent comme le feront après eux les ethnologues et les anthropologistes. Ils établissent le bilan des populations animales, et voici ce qu'ils constatent : On trouve en tous pays, et en France plus qu'ailleurs, des populations de chevaux et de bovins remarquablement homogènes quant à leur format, à leur silhouette, à leurs proportions, à la couleur de leurs robes, à leurs aptitudes à telle ou telle production.

L'aire géographique de ces populations est limitée; elle correspond à

des conditions climatiques et géologiques spéciales à chacune d'elles. Elles présentent dans chaque région des analogies évidentes, d'une espèce à l'autre, quant à la taille, au format et aux proportions des diverses parties du corps, et, chose curieuse, cette analogie existe aussi vis-à-vis de l'espèce humaine.

On considère tout naturellement ces groupements homogènes comme des « races » et on les désigne par le nom de la province ou de la région qu'ils habitent.

En dehors des aires géographiques occupées par les races différenciées, on trouve des populations hétérogènes, le plus souvent importées et incessamment adultérées par des croisements.

Plus tard, les zootechniciens ont tenté, à l'exemple des anthropologistes, de classer les races animales d'après les caractères du squelette ; la mensuration des os, ceux de la tête en particulier, a permis d'établir une filiation certaine entre les fossiles et les populations actuelles ; mais, comme pour l'homme, elle n'a fourni aucun élément certain à la diagnose de la race.

L'étude des animaux domestiques soulève tous les problèmes de l'ethnologie humaine et elle apporte des solutions complètes, basées à la fois sur une observation séculaire et sur une expérimentation toujours contrôlable. Elle s'applique d'une part à de grands mammifères, chevaux et bovins surtout, entretenus à l'état de pureté en vue de productions économiques définies ; de l'autre à de petits mammifères ou à des oiseaux : chiens, chats, lapins, oiseaux de basse-cour et d'agrément, conservés aussi à l'état de pureté ou adultérés systématiquement pour satisfaire aux caprices du goût et de la mode. Ce seraient là des champs merveilleux d'observation et d'expérimentation pour des ethnologues et des anthropologistes qui ne seraient point égarés dans le maquis de la sociologie ... et de la politique raciale.

Il n'est pas sans intérêt de constater que le souci de l'intégrité de la race animale est commun aux éleveurs de toutes les régions ; il correspond à la mystique de la pureté raciale qui s'est manifestée chez la plupart des peuples dès le début des temps historiques.

La tradition est brusquement abandonnée au cours du dix-neuvième siècle. Il apparaît aux théoriciens de l'élevage que le croisement doit permettre d'accumuler chez un même individu les qualités raciales de ses géniteurs. On invoque certains précédents. Le cheval de course dit de pur sang est le produit d'un croisement empirique entre une vieille race anglaise et trois ou quatre races importées, et il n'est pas de sang plus impur que le

sien; il n'en conserve pas moins ses formes et ses aptitudes au cours des générations successives. On multiplie donc les essais de croisement de nos races avec les races anglaises réputées amélioratrices. Les résultats sont très incertains. Il arrive que le croisement réussisse et que des races nouvelles et stables soient créées, sans que l'on puisse déterminer les conditions du succès; mais on échoue le plus souvent, soit que le croisement donne des produits d'une valeur inférieure à celle des composants, soit que la descendance hétérogène reproduise, avec des variations désordonnées, les types géniteurs déformés. Les essais malheureux sont interrompus; cependant il arrive que l'expérience se prolonge. Les administrations des haras, en France et ailleurs, ont imposé pendant un demi-siècle le croisement des races locales de chevaux avec le pur-sang et le demi-sang anglais, avec cette louable intention d'assurer la production des chevaux de guerre. Les résultats ne furent pas favorables; les éleveurs finirent par s'insurger et l'on dut renoncer à l'entreprise.

C'est par la sélection, c'est-à-dire par le choix des reproducteurs, des mâles surtout, que l'élevage a réalisé la perfection somatique des races animales et leur adaptation parfaite aux destinations économiques envisagées. C'est la sélection qui a permis de créer, lentement mais sûrement, les magnifiques races domestiques entretenues dans le monde et surtout dans notre pays de France.

En dehors de ces races cultivées, c'est la foule des populations anonymes entretenues sans contrôle. Le chien fournit à cet égard un exemple probant et suggestif. D'une part, de vieilles races, toutes harmonieuses en leur diversité, et des types artificiellement créés, parfois monstrueux, dont la pureté est jalousement conservée; de l'autre, la masse flottante des « chiens de rue », produits du hasard, dont la laideur est compensée par la douceur, la résignation, l'intelligence et l'affectuosité que l'on retrouve aussi chez les déshérités de notre espèce.

Tel est, en bref, le bilan social de l'animalité domestique.

Voyons maintenant, avec la même simplicité d'esprit, toujours en marge de la science et très loin des préoccupations du racisme, la situation des humains que nous sommes.

Il est entendu que, pour les savants, il n'y a plus de races humaines. Mais malheureusement, ou heureusement, il n'est point que des savants sur la terre. La masse des ignorants persiste à croire qu'il existe tout de même des blancs, des noirs et des jaunes et qu'on les reconnaît sans trop de peine. Elle croit savoir aussi qu'il existe encore dans nos provinces des

groupements humains différenciés par un air de famille qui ne trompe pas les observateurs même superficiels; elle sait qu'il existe encore des Normands et des Bretons, des Flamands et des Picards, des Alsaciens et des Lorrains, des Auvergnats et des Savoyards, des Provençaux et des Gascons, des Catalans et des Basques, ... Elle sait même que persistent çà et là des colonies étrangères vieilles de plusieurs siècles. Et je connais un village de Beauce où l'on retrouve, avec leurs caractères ethniques, les authentiques descendants d'une garnison de lansquenets demeurée dans le pays au temps des guerres de religion.

Sans doute ces groupements, qu'on les appelle race, sous-race, stock, ethnie, type etc., s'effritent chaque jour, et ceux qui ont le privilège peu enviable d'observer certains d'entre eux depuis un demi-siècle, ont pu suivre leur effacement progressif. Malgré tout, la race se défend et un instinct de conservation la protège. Sa résistance est d'autant plus efficace qu'elle est secondée par la langue, par la religion, par la tradition et par les mœurs. Il arrive parfois qu'elle s'exaspère, et c'est alors le réveil de l'idée ancestrale de la souillure du sang, la révolte contre l'atteinte à l'intégrité de la race, avec tous les excès que la passion inspire.

Tous ces groupements humains homogènes se caractérisent, comme les races animales cultivées, par une harmonie des formes qui donne, quel que soit le type, l'impression de la beauté. Fixés au sol natal, ils réalisent cette intime union des êtres et des choses que révèle le folklore et qui est évoquée dans la littérature si attachante de nos provinces françaises.

La multiplicité des types raciaux dans notre pays de France s'explique sans doute par les alluvions résultant des colonisations successives, mais aussi et surtout par la diversité des climats et des sols. La preuve en est fournie par l'ethnologie comparée et la diversité des races animales correspond exactement à celle des types humains.

Pour mieux affirmer cette vérité que la fusion des types est consommée depuis longtemps, un ethnologue contemporain écrit que : la foule qui affluait à Paris lors du sacre de nos rois n'était pas moins disparate que celle de nos manifestations populaires. Il est très vraisemblable qu'il en était ainsi, et cette constatation met en lumière un quiproquo des plus graves. La disparité des types est expliquée par la diversité des origines, et elle est tout à fait normale. Ce qui est inquiétant, c'est la dysharmonie et le déséquilibre des caractères somatiques chez les individus de chaque type. C'est qu'autour des îlots d'humanité normale émergeant encore, le vaste océan de la communauté ethnique ne forme plus qu'un pandémonium

humain, où se mélangent, en une inextricable confusion, les métis déformés de toutes les races. Ce qui est grave, c'est que désormais les géniteurs ayant conservé par miracle un équilibre satisfaisant, mais appartenant à des types différents, donneront, suivant les lois incertaines de la génétique ou en marge de celles-ci, des descendants qui reproduiront parfois encore les formes de l'un des ascendants, mais qui pourront aussi emprunter à chacun d'eux, associés suivant tous les modes, des éléments inconciliables, tandis que la réapparition de caractères ancestraux plus ou moins éloignés viendra aggraver encore les dysharmonies dans la lignée. Encore ne considérons-nous que les individus sains, et l'on sait quel est le rôle des états pathologiques dans la genèse des déformations somatiques, acquises et transmises.

La même constatation est faite dans toutes les parties du monde : la race humaine dégénère au point de vue somatique, et l'harmonie des proportions, caractéristique de la race, fait place à des déformations individuelles de plus en plus fréquentes et de plus en plus marquées. C'est en cela que consiste le problème de la race, et en cela seulement.

Qu'il me soit permis de rapporter une anecdote à cet égard. Un Français, qui est un excellent observateur, séjournait, il y a quelques mois, dans un bourg de la Haute-Bavière, chez l'un de ses confrères allemands. On avait disserté savamment, sans se convaincre, sur la race et sur le racisme. La conversation était tombée avec la fin du jour et l'on goûtait en silence, sur une terrasse dominant la route, le charme d'un beau soir d'été lorsqu'un chant s'éleva dans la vallée. C'était la troupe des jeunes gens du pays qui rentraient de l'excursion habituelle dans la montagne. Dès l'entrée du village, tous avaient pris l'allure de la parade et, sur les paroles scandées d'un vieux lied, garçons et filles marchaient la tête haute d'un pas puissamment rythmé. Ils étaient tous semblables en leur vigueur juvénile ; on eût dit les enfants d'une même famille, et ils donnaient une impression de force et d'harmonie. Alors le vieux maître allemand, se penchant vers son hôte, lui dit ces simples mots : « Vous me demandiez ce qu'est le racisme ; eh bien, c'est cela ; le reste... c'est de la politique ».

S'il existe vraiment une question de la race, si l'espèce humaine est menacée d'une déchéance physique inéluctable, pouvons-nous faire autre chose que d'en enregistrer les progrès? Si la confusion des types ethniques est l'une des causes de cette régression, la plus générale à coup sûr et la plus effective peut-être, pouvons-nous l'enrayer, et par quels moyens?

Les difficultés d'une solution générale du problème sont telles que l'on

est autorisé à le délimiter dans l'espace. Peu de nations européennes peuvent revendiquer une unité ethnique et les règlements de la guerre mondiale n'ont pas amélioré sensiblement les découpages antérieurs. Toutefois les races politiquement groupées sont souvent séparées par la langue, par la religion, par les mœurs, et les rivalités qui les opposent sont telles que leurs rapports, alors même qu'elles cohabitent sur un même sol, sont plus distants que si elles étaient demeurées isolées. La France possède une diversité de types autochtones peut-être inégalée; mais, en dépit des réveils sans gravité du particularisme, son unité sociale est réalisée. Aucune barrière artificielle ne saurait être établie pour maintenir un compartimentage racial. On peut compter seulement pour retarder la fusion sur cet instinct de la conservation de la race, évoqué déjà, et dont on trouve dans nos vieilles familles françaises de si curieux exemples.

Il faudrait se borner à accepter l'inévitable, si les ethnologues n'avaient imaginé des solutions nouvelles au problème de la race.

Il est apparu à l'un d'eux que la population française est fatiguée par les secousses qu'elle a subies depuis 1789 — le choix de cette date n'est pas expliqué — jusqu'à la guerre mondiale, et qu'il est nécessaire de lui infuser un sang nouveau; il considère cette opération comme une greffe, sans paraître se douter que le greffon substitue totalement son individualité à celle du greffé, et, après une savante étude des greffons disponibles, il choisit le tchécoslovaque comme le plus recommandable. Un autre propose d'accélérer les croisements de nos populations avec celles de l'Afrique du Nord, dans un double but d'amélioration biologique et d'unification politique. Un troisième déclare que le problème des races aux Etats-Unis ne sera résolu que par « un mélange assez étendu pour faire tomber la barrière de couleur ». Un autre savant conclut d'une magistrale étude que « le problème des races nous met en présence de cette alternative : la fusion des blancs, des jaunes et des noirs, simple persistance des tendances qui dominent toute l'histoire de l'humanité, ou le maintien des barrières raciales, génératrices de cataclysmes dont l'humanité finira par se lasser ».

On n'essaie point de figurer les traits, non plus que la silhouette, de l'*Homo universalis* tricolore qui peuplera le paradis terrestre retrouvé; mais c'est lui sans doute que pressentent les jeunes artistes contemporains dans les hideuses représentations picturales, sculpturales ou graphiques de la figure humaine qu'ils offrent à l'admiration des foules.

Ces théories seraient sans conséquence si elles n'étaient largement appliquées et si notre pays n'était le champ d'expérience choisi.

Nous recevons chaque année par milliers des immigrés de toutes couleurs et de toutes races. Un grand nombre s'établissent à demeure; eux ou leurs enfants s'unissent aux populations françaises. En 1931, la France hébergeait 3 millions d'étrangers et ils représentent aujourd'hui 7 pour 100 de la population totale, la proportion atteignant 28 et 23 pour 100 dans deux départements. Il ne s'agit ici que des étrangers ayant conservé leur nationalité; il faut ajouter à ce chiffre les bénéficiaires de plus de 2 millions de naturalisations, soit un total de 5 millions d'étrangers pour 37 millions de Français et une proportion de 13 pour 100.

Pour éviter la constitution de groupes minoritaires, on trouve expédient d'accorder le droit de cité aux étrangers. Des lois de plus en plus libérales facilitent ou provoquent leur naturalisation; on se hâte de les assimiler en leur procurant des emplois ou des fonctions et, pour qu'ils n'en éprouvent aucune gêne, on autorise la transformation de leurs noms.

Il est difficile dès maintenant de dresser une statistique même approximative de ces apports extérieurs et tout recensement deviendra bientôt impossible. C'est que les étrangers et leur descendance incorporés dans nos populations cessent très vite d'être identifiables. On peut admettre que dans quelques départements, plus de la moitié des habitants ont des étrangers dans leur ascendance et que près d'un cinquième de la population y est composée d'étrangers, naturalisés ou non.

Cette invasion ne paraît point inquiétante aux théoriciens de l'immigration; ils souhaiteraient seulement que la répartition des immigrés fût plus uniforme. Ainsi se trouverait réalisée la greffe inter-raciale, subrepticement érigée en une doctrine d'apparence scientifique. Il ne faudrait point oublier cependant qu'en matière de génétique, les erreurs ne sont réparables que si l'on peut en faire disparaître les victimes. C'est ce que fait l'éleveur dans ses tentatives malheureuses sur les animaux. Mais l'on ne peut supprimer ni neutraliser une lignée humaine; elle continuera indéfiniment à subir les conséquences d'une adultération inconsidérée. C'est le visage et l'âme de la France qui sont menacés; c'est l'héritage racial qui est compromis. Une génération a-t-elle le droit de consommer ce sacrifice?

Il est un puissant facteur d'amélioration et de conservation de la race : c'est la sélection, c'est-à-dire le choix des géniteurs. Tandis qu'elle a permis d'améliorer les races animales jusqu'à la perfection, elle ne joue

aucun rôle dès qu'il s'agit de l'homme. Au contraire, la sélection naturelle est annihilée par l'organisation sociale. Ce sont les plus aptes qui sont exposés aux risques de la guerre; ce sont eux qui sont désignés pour les missions dangereuses et les métiers pénibles, tandis que notre humanitarisme assure la protection des faibles, des malades et des tarés en leur assurant du même coup un rôle dans la perpétuation de l'espèce.

Par toutes ses manifestations, la civilisation moderne intervient contre la race et en faveur de l'individu. Soit qu'elle favorise l'effacement et la confusion des types ethniques, soit qu'elle s'oppose au jeu de la sélection naturelle, elle tend à l'abâtardissement de l'espèce. On voudrait croire qu'elle exerce au moins une influence bienfaisante dans le domaine de la pensée. On voudrait croire que l'humanité douloureuse est devenue meilleure; que l'homme peut trouver sur la terre la quiétude et le bonheur; que notre culture, venue après tant d'autres, n'a pas rempli tout son destin. On voudrait croire, ... et l'on ne peut qu'espérer.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation de nos prix.



PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1937.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. L. Lecornu, J. Hadamard, Ém. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, É. Cartan, G. Julia, P. Montel; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Leray**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux d'analyse mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ém. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lucien Malavard**, docteur ès sciences, boursier de recherches à la Caisse nationale des sciences,

pour ses appareils électriques permettant le calcul rapide de la distribution des circulations hydrodynamiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ém. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie; A. Caquot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Joseph Bethenod**, ingénieur-conseil, chargé de conférences à l'École supérieure d'électricité, pour ses travaux de mécanique et d'électricité.

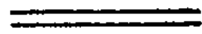
L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

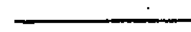
(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ém. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, A. Caquot; L. de Broglie, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Brillouin**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de son œuvre, et en particulier pour ses contributions au développement de la Mécanique quantique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



ASTRONOMIE.



PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, C. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy; H. Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Michel Giacobini**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur

l'astronomie stellaire et sur les comètes. M. Giacobini est, de tous les astronomes français celui qui a découvert le plus grand nombre de comètes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy; C. Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix au P. **Maurice Burgaud**, directeur des Observations magnétiques et du Service de l'heure à l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, près Shanghaï, pour ses travaux en Chine sur le magnétisme terrestre.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX G. DE PONTECOULANT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, C. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, J. Chazy; G. Fayet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Roure**, ancien officier de marine, pour ses travaux sur les perturbations planétaires.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel; G. Perrier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Vignal**, ingénieur au Corps des Mines, directeur du Service du nivellement général de la France, pour son mémoire intitulé : *Évaluation de la précision d'une méthode de nivellement*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, C. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel; C. Maurain, rapporteur.)

La Commission propose l'attribution du prix à M. **Étienne Bruzon**, ancien officier de marine, directeur du Service météorologique de l'Indochine, pour ses voyages, travaux et publications relatifs au climat de cette colonie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel; G. Perrier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Raoul Goudey**, astronome à l'Observatoire de Besançon, et **Jean Lagrula**, astronome à

l'Observatoire d'Alger, pour leurs observations gravimétriques, poursuivies en France et dans l'Afrique du Nord depuis 1933 en vue de l'établissement du Réseau gravimétrique français, entrepris sur l'initiative de la Section de Géodésie du Comité national de Géodésie et Géophysique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALEXANDRE GIVRY.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, C. Lallemand, R. Bourgeois, G. Perrier, C. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel; E. Fichot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Legrand**, ingénieur principal hydrographe de la marine, pour l'ensemble de ses travaux d'hydrographie en France et aux Colonies.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, C. Lallemand, L. Lecornu, R. Bourgeois, Ém. Borel, E. Fichot, G. Perrier, J. Drach, E. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel; M. Laubeuf, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Roger Brard**, ingénieur de 1re classe du Génie maritime de la direction des Constructions navales de Brest, auteur d'études sur les hélices marines, en vue d'accroître la vitesse des navires.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; C. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Bernard Decaux**, ingénieur au laboratoire national de radioélectricité, pour ses travaux sur les applications du quartz piézoélectrique à la chronométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, C. Fabry, A. de Gramont; P. Langevin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Bernamont**, chargé de recherches à la Caisse nationale des sciences au laboratoire de physique expérimentale du Collège de France, pour ses études sur les fluctuations des résistances électriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; C. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Couderc**, professeur de mathématiques au Lycée Janson-de-Sailly, stagiaire à

l'Observatoire de Paris, pour ses ouvrages sur l'Astronomie, notamment celui qui a pour titre : *Univers*, 1937.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; C. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Lainé**, chargé de recherches à la Caisse nationale de la Recherche scientifique, attaché au laboratoire de l'électro-aimant, pour ses recherches sur les propriétés magnétiques et magnéto-optiques des gaz liquéfiés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, C. Fabry, A. de Gramont; P. Langevin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Soleillet**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur la structure de la lumière.

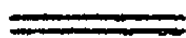
L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT-FÉLIX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; C. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Étienne Vassy**, chargé de recherches à la Caisse nationale des sciences, assistant au laboratoire de physique de la Sorbonne, pour ses travaux sur l'ozone atmosphérique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau; P. Lebeau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Roger Renaud**, ingénieur-chimiste de l'École de physique et de chimie industrielles, pour la contribution qu'il a apportée à la mise au point des appareils susceptibles d'assurer une protection efficace des organes respiratoires dans les atmosphères nocives.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, P. Lebeau; R. Lespieau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gustave Vavon**, professeur à la Faculté des sciences de Paris.

Les nombreux Mémoires qu'a publiés M. Vavon, tantôt seul, tantôt en commun avec ses élèves, se rapportent pour la plupart, soit à l'hydrogénation catalytique, soit à la stéréochimie des composés cycliques.

Dans le domaine de la première, il débute par la description d'une méthode générale permettant de passer des aldéhydes ou des cétones aux alcools correspondants, et des oximes aux hydroxylamines, méthode qu'il applique à des corps très variés dans les séries aliphatique, alicyclique, aromatique et terpénique.

Le catalyseur est un noir de platine de préparation assez délicate, mais M. Vavon donne de celle-ci une description si étudiée que la réussite en devient accessible à tous. Et, de plus, ce qui est précieux, il montre qu'on peut se servir du même noir à peu près indéfiniment, car lorsque ses

propriétés s'affaiblissent il suffit de laver ce noir à l'éther, puis de l'aérer quelques heures, pour lui rendre toute sa vigueur.

M. Vavon examine ensuite les priorités d'hydrogénation de deux doubles liaisons de même espèce, ou d'espèces différentes (C=C et C=O), soit lorsqu'elles sont présentes chez un même corps, soit lorsqu'elles appartiennent à deux corps que l'on a mélangés. Il fait alors d'importantes remarques relatives à l'influence des positions respectives des doubles liaisons sur la marche de l'hydrogénation d'un composé diéthylénique, il observe que de deux doubles liaisons celle qui s'hydrogène la première n'est pas forcément celle qui s'hydrogène avec la vitesse la plus grande, il montre que chez les cétones éthyléniques, c'est la double liaison C=C qui s'hydrogène la première, etc. Il propose alors une théorie de l'hydrogénation catalytique qui relie, et interprète fort bien, les faits qu'il a rencontrés.

Ayant observé des différences considérables dans la vitesse d'hydrogénation d'une même double liaison, lorsqu'on ne s'adresse pas au même corps, M. Vavon se demande si ces différences ne sont pas imputables à ce que l'on appelle l'empêchement stérique. Il pense que, si cette cause n'est pas la seule pouvant intervenir, il doit du moins se rencontrer des cas où elle est prépondérante. Le raisonnement lui montre que s'il en est ainsi quand on hydrogène catalytiquement les cyclanones monosubstituées, ou leurs oximes, on doit arriver de préférence aux alcools ou amines *cis*. Il effectue de telles hydrogénations, elles lui donnent des isomères des composés auxquels on arrive en hydrogénant par le sodium et l'alcool. Or, si les composés que M. Vavon a préparés sont bien les *cis*, vu leur empêchement stérique plus considérable, ils doivent s'éthérifier moins vite que leurs isomères, de même leurs éthers doivent se saponifier moins vite que ceux de ces derniers et c'est bien ce qu'on observe. Il y a là un ensemble de faits cohérent et dont l'utilisation est des plus intéressantes : car d'une part, on y voit comment on peut arriver aisément à des corps *cis* jusque-là peu accessibles, et, d'autre part, on y trouve une méthode permettant, quand on a les deux isomères, de savoir quel est le *cis*.

C'est en cherchant à étendre les résultats précédents aux molécules compliquées des stérols que M. Vavon, en collaboration avec M[lle] Jakubovitch, trouva une préparation pratique de l'épicholestanol, qu'on n'avait pu jusqu'alors obtenir que très péniblement. Or on sait l'importance de ce corps pour l'étude des hormones; c'est en effet l'oxydation de grandes quantités de son acétate qui a permis à Ruzicka d'atteindre l'androstérone.

M. Vavon a publié en outre divers Mémoires sur des sujets autres que les

précédents : synthèses asymétriques, nature des phénols des goudrons primaires, rôle de la structure et du P_H dans la formation des oximes, des phénylhydrazones, des semicarbazones.

En raison de l'intérêt qui s'attache aux travaux dont nous venons de donner un aperçu, la Commission a été unanime à proposer M. G. Vavon pour l'attribution du prix Jecker.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Lespieau, P. Lebeau; R. Fosse, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Georges Laude**, assistant de chimie physique organique de la Faculté des sciences de Lille, auteur de recherches sur la synthèse de l'acide cyanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Darzens**, professeur à l'École Polytechnique, pour ses travaux de Chimie organique, consacrés principalement à la synthèse. M. G. Darzens a publié de nombreuses recherches empreintes de l'esprit le plus original et créé des méthodes remarquables.

Après s'être occupé avec succès de la catalyse hydrogénante, il a institué une belle méthode dite de synthèse glycidique, dont les possibilités sont considérables et universellement utilisées pour la production d'aldéhydes et de cétones, souvent inaccessibles auparavant. Les éthers glycidiques sont d'ailleurs susceptibles d'autres réactions importantes, s'étendant éventuellement jusque dans le domaine des parfums. M. Darzens

a encore donné une méthode pour l'obtention d'aldéhydes $R.C(CH^3)^2CHO$, prenant comme point de départ les esters glycidiques.

On doit à M. Darzens l'emploi du chlorure de thionyle pour substituer régulièrement le chlore à l'oxhydrile alcoolique, et celui du chlorure stannique dans certaines réactions de la chimie organique, visant la production de cétones éthyléniques.

Dans des travaux récents, il a établi une nouvelle et sûre méthode d'obtention de dérivés naphtaléniques et phénanthréniques, basée sur la cyclisation de dérivés allylés de constitution appropriée. On approche ainsi des carbures fondamentaux auxquels se rattachent les substances carcinogènes et de nombreuses combinaisons de propriétés physiologiques accentuées.

Ces travaux ont nécessité l'emploi de composés aromatiques chlorométhylés, dont M. Darzens a donné des modes de préparation nouveaux et avantageux.

Si nous ajoutons enfin la découverte du perazoture de carbone $N^3.CN$ dérivé de l'acide azothydrique, la séparation des crésols, la préparation de divers muscs artificiels, le perfectionnement des processus de déshydrogénation, de la préparation des quinoléines, une nouvelle synthèse de la glycérine, une théorie physique de la perception des couleurs par l'œil, la généralisation de la loi des états correspondants, nous n'aurons cependant donné qu'une exquisse bien raccourcie de l'esprit novateur de M. Darzens et d'une heureuse activité qui ne s'est jamais départie pendant plus de quarante années.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BERTHELOT.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Lespieau, P. Lebeau; R. Fosse, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Parrod**, docteur ès sciences, chargé de recherches de la Caisse nationale, pour ses recherches sur la synthèse de l'acide cyanhydrique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau; P. Lebeau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marius Picon**, professeur à la Faculté de pharmacie de Paris, pharmacien en chef de la Maternité, pour ses travaux sur divers sulfures et camphocarbonates.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Georges Brooks**, ingénieur-chimiste, docteur ès sciences, pour ses recherches de chimie biologique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. C. Barrois, L. de Launay, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Jacob, C. Mauguin, N.; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M[lle] **Simonne Caillère**, docteur ès sciences, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur les minéraux du groupe de la serpentine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, C. Barrois, L. de Launay, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Mauguin, N.; C. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Henriette Alimen**, professeur à l'École Normale supérieure de Fontenay-aux-Roses, pour ses études sur le Stampien du Bassin de Paris.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, C. Barrois, L. de Launay, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Jacob, C. Mauguin, N....)

Le prix n'est pas décerné.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; P.-A. Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Potier de La Varde**, correspondant du Muséum national d'histoire naturelle, pour son ouvrage intitulé : *Mousses du Gabon.*

En récompensant cet ouvrage, votre Commission a voulu témoigner une fois de plus de l'intérêt qu'elle porte à la Systématique.

Grâce à M. Potier de la Varde, les nombreuses récoltes de Muscinées faites au Gabon par M. Le Testu, administrateur des colonies, ont été étudiées et classées dans un ordre méthodique, avec l'indication des localités où elles ont été rencontrées : une centaine d'espèces ou variétés nouvelles

ont été décrites et pour la plupart figurées. C'est là un résultat remarquable qui fait honneur à notre savant bryologue français.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix. P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Chevalier, H. Colin; A. Guilliermond, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marius Chadefaud**, docteur ès sciences, professeur à l'École Turgot, pour ses travaux sur les Algues.

M. Chadefaud s'est consacré depuis une dizaine d'années à des travaux de Cryptogamie et spécialement à l'étude de la cytologie des Algues. Dans un très important mémoire, il s'est attaché à suivre dans les Algues flagellés, les Chlorophycées et les Phéophycées, l'évolution des différents constituants morphologiques du cytoplasme : chondriosomes, chloroplastes et vacuoles. Au cours de ce travail, il a également étudié l'origine des physodes et de divers produits du métabolisme et a proposé une théorie pour expliquer le mécanisme de la coloration vitale des vacuoles.

On doit, en outre, à M. Chadefaud, une série de recherches également cytologiques et non moins intéressantes sur les Protistes (Monas, Eugléniens, Chloromonadinées, etc.) et un travail tout récent sur les basides des Champignons.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; P.-A. Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Chemin**, professeur agrégé au Lycée Buffon, pour ses recherches biologiques sur certaines Algues.

M. E. Chemin n'a pas cessé depuis de nombreuses années de s'intéresser à l'étude des Algues marines, à leur répartition géographique et à leur

physiologie; tout récemment, il vient de publier un gros travail sur le développement des spores chez les Floridées : les résultats obtenus dans cette direction ont retenu plus particulièrement l'attention de votre Commission et ont déterminé son choix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; L. Blaringhem, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Bouly de Lesdain**, docteur en médecine, docteur ès sciences, pour son ouvrage intitulé : *Graminées indigènes et adventices des environs de Dunkerque*, qui complète la série des études de systématique et de biologie du même auteur.

M. Bouly de Lesdain a le mérite d'avoir limité ses recherches de trente années à une région restreinte avec facies caractéristiques; il a donné, dans une thèse de doctorat ès sciences, une analyse de la Flore cryptogamique des Lichens, puis des Mousses; il a complété cette étude par de nombreuses Notes, par un Supplément de 190 pages aux *Recherches sur les Lichens* et cet ensemble constitue, avec le Mémoire sur les Graminées paru en 1934, une des plus remarquables Monographies locales de la Flore française. La description détaillée d'espèces, de variétés nouvelles, d'hybrides et d'anomalies est complétée par les avis de spécialistes qui ont reçu des échantillons, et les travaux publiés peuvent servir de modèle répondant exactement au désir exprimé par le botaniste artésien La Fons Mélicocq.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, H. Colin; A. Chevalier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raymond Benoist**, docteur ès sciences, sous-directeur du laboratoire de phanérogamie au

Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux de botanique systématique, dans les régions tropicales.

M. Benoist a étudié particulièrement la famille des Acanthacées et a eu l'occasion de décrire quatre genres nouveaux et 199 espèces nouvelles provenant pour la plupart des colonies françaises : Afrique tropicale, Indochine, Madagascar.

On lui doit d'intéressantes études sur la flore de la Guyane et de la République de l'Équateur, où il a professé la botanique à l'Université de Quito, en 1930 et 1931.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, C. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Chabanaud**, docteur ès sciences, pour son ouvrage intitulé : *Le Neurocrâne osseux des Téléostéens dyssymétriques après la métamorphose*, et l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, C. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Heim de Balsac**, docteur ès sciences, maître de conférences à la Faculté des sciences de

Lille, pour son ouvrage intitulé : *Biogéographie des Mammifères et des Oiseaux de l'Afrique du Nord.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset; F. Mesnil, H. Vincent, J.-L. Faure, P. Portier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à MM. **Émile Césari**, docteur-vétérinaire, chef de service de Sérothérapie antivenimeuse à l'Institut Pasteur, et **Paul Boquet**, assistant du service de Sérothérapie antivenimeuse à l'Institut Pasteur, pour leurs recherches sur les antigènes des venins et les anticorps des sérums antivenimeux;

Un prix de 2500fr à M. **Michel Salmon**, chargé de Cours et chef de travaux à la Faculté de médecine de Marseille, pour son ouvrage intitulé : *Artères de la peau;*

Un prix de 2500fr à M. **Jean Vague**, docteur en médecine, assistant à la Faculté de médecine de Marseille, pour son ouvrage intitulé : *Les Hépato-néphrites aiguës;*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Ram Kumar Goyal**, docteur ès sciences de l'Université de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude des Streptothricées;*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Eugène Saint-Jacques**, docteur en médecine, professeur à l'Université de Montréal, chirurgien en chef à l'Hôpital Jeanne-d'Arc, pour ses travaux sur les injections de carbone animal dans diverses infections.

Une mention honorable de 1500fr à M. **Jean Terracol**, docteur en

médecine, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, pour son ouvrage intitulé : *Les maladies des fosses nasales.*

Rapport de M. P. Portier *sur les travaux de MM.* **Émile Césari** *et* **Paul Boquet.**

Différents venins de Vipéridés et de Colubridés ont été étudiés; leur spécificité et celle des sérums antivenimeux auxquels ils donnent naissance, ne sont pas aussi étroites qu'on le supposait.

Cette notion de *paraspécificité* a incité les auteurs à préparer un sérum bivalent.

Ces nouvelles acquisitions théoriques et pratiques présentent une importance qui justifie l'attribution du prix Montyon.

Rapport de M. J.-L. Faure *sur l'ouvrage de M.* **Michel Salmon,** *intitulé :* Artères de la peau.

L'Ouvrage de M. **Michel Salmon** est un travail extrêmement sérieux, avec 89 figures, dont un grand nombre de radiographies d'une finesse admirable.

Rapport de M. H. Vincent *sur l'ouvrage de M.* **Jean Vagué,** *intitulé :* Les Hépatonéphrites aiguës.

M. **Jean Vague** a adressé un ouvrage de 640 pages consacré à l'étude clinique, anatomique et expérimentale des Hépatonéphrites. Il passe en revue les différents processus infectieux ou toxiques qui peuvent déterminer ces états morbides, leurs facteurs pathogènes très variés et fait la critique des théories anciennes non vérifiées entièrement; il note l'importance capitale du bilan azoté, de l'hyperurémie, des rapports qualitatifs et quantitatifs de l'azote urinaire à l'azote sanguin, qui sont les témoins de la double atteinte hépatite et rénale.

Il fait ressortir que l'ictère peut être absent, malgré l'atteinte histologique du parenchyme hépatique.

Il étudie la thérapeutique de ces symptômes et de leurs causes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **P. Émile Weil**, médecin des Hopitaux, **Paul Isch-Wall**, assistant, Mme **Suzanne Perlès**, assistante-chef de laboratoire à l'Hôpital Tenon, pour leur ouvrage intitulé : *La ponction de la rate.*

Les auteurs envisagent les diverses splénomégalies, leurs causes si variées, les réactions lymphoïde, myéloïde, érythroblastique, méagaryocytaire, ganglionnaire, les splénomégalies tuberculeuse, paludéenne, etc.

Ils proposent comme méthode de détermination systématique, la ponction de la rate et l'examen microscopique du produit de la ponction. Ils indiquent leur technique de ponction.

Ce bon ouvrage, accompagné de figures explicatives, mérite une récompense.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Georges Girard**, directeur, et **Jean Robic**, médecin de l'Institut Pasteur de Madagascar, pour leurs travaux concernant l'application à l'homme d'un nouveau vaccin contre la peste, composé de germes vivants (virus-vaccin EV).

Ce vaccin, mis en pratique depuis plusieurs années, a amené, maintenant qu'il est appliqué en grand, une baisse remarquable de la morbidité pesteuse à Madagascar. Notre confrère Achard, au cours de l'été dernier, a pu s'en rendre compte sur place.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Gros**, docteur en médecine, boursier de la Caisse nationale de la recherche scientifique, assistant délégué d'histologie et embryologie à la Faculté de médecine d'Alger, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'endocrinologie sexuelle. Le cycle génital de la chatte.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; E. Leclainche, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Curasson**, inspecteur général des Services vétérinaires à Dakar, pour son ouvrage intitulé : *Traité de pathologie exotique vétérinaire et comparée.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, P. Portier; J.-L. Faure, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Jacques Vialle**, chef du service d'oto-rhino-laryngologie des Hôpitaux de Nice, **Chevalier Jackson**, et **Chevalier L. Jackson**, professeur et professeur agrégé de clinique broncho-œsophagoscopique à la Temple University de Philadelphie, pour leur ouvrage intitulé : *La bronchoscopie dans les affections broncho-pulmonaires.*

Ce livre, qui porte le nom du créateur américain de la bronchoscopie et de son élève Vialle, qui a entrepris de transporter en France l'enseignement du maître, est un traité *extrêmement clair*, qui, grâce à de nombreuses figures et à un texte parfaitement approprié, montre toutes les indications de la bronchoscopie et la manière de la conduire à bien.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, E. Lapicque, A. Gosset, P. Portier; J.-L. Faure, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Jean Braine**, chirurgien des Hôpitaux, et **Raymond Rivoire**, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Chirurgie des glandes parathyroïdes*.

Cet ouvrage est un très bon travail, comprenant en partie des recherches originales et personnelles appliquées à la technique chirurgicale. Il contient une étude historique des glandes parathyroïdes au point de vue physiologique et biopathologique, avec de belles figures et une bibliographie très complète.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, C. Achard, E. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500^{fr} à M. **Maurice Doladilhe**, chef de travaux de physique à la Faculté des sciences de Dijon,

pour ses études des propriétés du sérum sanguin. Elle a voulu ainsi encourager et récompenser un effort continu dont le début remonte à 1932, effort particulièrement original qui a permis à l'auteur de montrer les relations de certains caractères physiques et chimiques des sérums sanguins avec des propriétés biologiques concernant l'alexine et les anticorps. M. Doladilhe a réussi en particulier à séparer une protéine visqueuse qu'il a montré être le support de la substance spécifique des sérums syphilitiques, de divers anticorps et de fractions thermolabiles de l'alexine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; C. Achard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Michel Weinberg**, professeur à l'Institut Pasteur, dont les recherches sur les microbes anaérobies sont universellement connues et se trouvent rappelées dans un ouvrage d'ensemble, récemment paru et remarquablement documenté.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



CANCER ET TUBERCULOSE.



FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. F. Mesnil, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure; C. Achard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la Fondation à M. **Eugène Wollman**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur la nature des tumeurs malignes.

Les recherches de M. Eugène Wollman ont eu pour point de départ une hypothèse qui fait du principe bactériophage un élément d'origine cellulaire et bactérienne, comparable aux gènes des organismes supérieurs.

M. Wollman a étudié la réaction de fixation sur les tissus néoplasiques et sur les tissus normaux en présence de sérums homologue et hétérologue. Il a constaté une intensité beaucoup plus forte du pouvoir fixateur pour le tissu néoplasique que pour le tissu normal. En outre, il a observé une parenté du pouvoir antigénique entre des tumeurs de structure histologique différente.

D'autre part, étudiant les ultra-pressions, il a vu que les agents des tumeurs à virus filtrable sont détruits à des pressions inférieures à 4000 ou 6000 atmosphères, tandis que les diastases et les toxines résistent jusqu'à 12000. Quant à ceux des tumeurs de greffe, ils sont encore plus sensibles à la pression.

L'auteur estime que le principe caractéristique des tumeurs malignes est lié à des supports matériels qui déterminent les propriétés antigéniques des tissus néoplasiques.

Il s'agit de recherches originales d'un grand intérêt pour la biologie générale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LOUISE DARRACQ.

(Commissaires : MM. F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Nadine Dobrovolskaia-Zavadskaia**, ancien professeur de chirurgie à l'Université de Véronège (Russie), chef du laboratoire de génétique à l'Institut du Radium de l'Université de Paris, pour ses travaux relatifs au cancer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX EUGENE ET AMÉLIE DUPUIS.

(Commissaires : MM. F. Mesnil, H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure.)

Le prix n'est pas décerné.

FONDATION HENRIETTE RÉGNIER.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la Fondation à M. **Robert Broca**, ancien interne des Hôpitaux de Paris, ex-chef de clinique à la Faculté, pour ses travaux sur la Tuberculose.

M. Broca a collaboré à d'importantes recherches sur la bacillémie tuberculeuse et la recherche du bacille de Koch dans les différentes variétés de la primo-infection tuberculeuse de l'enfant; il poursuit avec ténacité des études sur diverses souches du bacille tuberculeux. Votre Commission est d'avis de l'encourager et de l'aider.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M[lle] **Éliane Le Breton**, chef de travaux de physiologie à la Faculté de médecine de Strasbourg, maître de recherches de la Caisse nationale des sciences, pour son ouvrage intitulé : *Signification physiologique de l'oxydation de l'alcool éthylique dans l'organisme*.

Cet ouvrage est un travail remarquable, réalisant un progrès notable dans la précision de nos connaissances sur ce sujet important et souvent débattu.

Il établit notamment, d'une façon péremptoire, que l'action dynamique spécifique de l'alcool est nulle; ce qui veut dire, en sortant d'un jargon

physiologique aussi obscur que traditionnel, que *toute* la chaleur de combustion de l'alcool peut économiser la quantité correspondante d'autres combustibles alimentaires, à des doses modérées, bien entendu, mais déjà fort importantes.

Par contre, l'alcool ne peut en rien être utilisé pour le travail musculaire.

En dehors de ces résultats d'un grand intérêt pratique, l'analyse du mécanisme d'oxydation de l'alcool conduit M[lle] Le Breton à des données nouvelles sur les processus de respiration cellulaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Morin**, chargé de recherches au Laboratoire de physiologie à la Faculté de médecine de Lyon, pour son ouvrage intitulé : *L'automatisme intestinal des Vertébrés et sa régulation*.

Très bon travail de physiologie expérimentale, exposant les résultats de plusieurs années de recherches personnelles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Roche**, professeur à la Faculté de médecine de Marseille, pour ses recherches physiologiques et biochimiques sur les pigments respiratoires.

M. Jean Roche a isolé le groupement prosthétique des hémocyanines et des hémérythrines et il a montré qu'il ne contenait pas de noyau pyrrolique. Il a apporté des faits nouveaux et importants en ce qui concerne la grosseur des molécules des pigments respiratoires qui est fonction des conditions

physiologiques dans lesquelles se trouve l'animal et aussi de la localisation de ce pigment.

Ces découvertes ont été remarquées et confirmées à l'Étranger.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, C. Gravier, M. Molliard, M. Caullery; H. Vincent et L. Lapicque, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2000^{fr} à M. **André Tournade**, professeur de physiologie à la Faculté de médecine d'Alger, pour ses recherches de physiologie expérimentale;

un prix de 1000^{fr} à M. **Raoul Lecoq**, directeur du laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye, pour ses recherches sur les *Vitamines B*.

Rapport de M. Louis Lapicque *sur les travaux de M.* **André Tournade.**

M. **Tournade**, professeur de physiologie à la Faculté de médecine d'Alger, est actuellement un des techniciens les plus habile de la vivisection.

Par la méthode des anastomoses circulatoires entre deux sujets, méthode dont le principe était connu, mais qu'il a bien perfectionnée, il a obtenu des résultats décisifs dans des questions importantes controversées, spécialement sur le rôle des capsules surrénales. Quantité de résultats partiels s'en sont suivis. Récemment, toujours par la même méthode, M. Tournade a apporté une contribution expérimentale lumineuse, sur le point spécial de l'innervation vaso-dilatatrice, à la question complexe et très discutée actuellement, du mécanisme de la transmission nerveuse, à la fois physique et chimique.

Étant donné qu'il s'agit du prix Fanny Emden, on peut souligner que la vaso-dilatation comprend la rougeur émotive, c'est-à-dire une des plus évidentes influences psychologiques sur l'organisme.

Rapport de M. H. VINCENT *sur les travaux de M.* **RAOUL LECOQ**.

M. **R. LECOQ** a envoyé un ensemble de 14 Mémoires ou Communications (Académie des Sciences, Société de Biologie), ainsi qu'un ouvrage sur les vitamines B dans leurs rapports avec les glucides, les protéides, les lipides du régime alimentaire, dont la nature influe sur l'avitaminose. Il montre, d'autre part, que divers corps, surtout hydrocarbonés, jouent dans cette avitaminose un rôle important, et sont, comme il les appelle, des « substances de déséquilibre ».

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Drach, C. Maurain; Ém. Borel, H. Lebesgue, M. d'Ocagne, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

un prix de 1000^{fr} à Mlle **DAGMARE WEINBERG**, chef de travaux à l'École des Hautes-Études, chargée de conférences à l'Institut de psychologie de l'Université de Paris et à l'Institut national d'orientation professionnelle, pour son importante contribution à l'ouvrage : *La Correction des épreuves écrites dans les examens* (Enquête expérimentale sur le baccalauréat);

un prix de 1000^{fr} à MM. **ADOLPHE LESAGE**, membre de l'Académie de médecine, directeur du Comité national de l'Enfance, et **MARCEL MOINE**, statisticien du Comité national de Défense contre la tuberculose, pour leur étude de la mortalité de l'enfant de première année;

une mention de 500^{fr} à M. **MARCEL LUC-VERBON**, ingénieur civil des Mines, ingénieur-conseil en organisation comptable, financière et statis-

tique, pour ses études sur la science des valeurs théorique et appliquée à la comptabilité et à la statistique des entreprises.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, L. de Launay, Ém. Borel, M. d'Ocagne, M. Caullery, L. de Broglie; Em. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Cornelis de Waard**, professeur au Lycée de Flessingue, Hollande, pour sa contribution à l'édition de la *Correspondance du Père Marin Mersenne*, *religieux minime*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Borel, C. Gravier, M. d'Ocagne; Ém. Picard, A. Lacroix, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner le prix à l'**Association de la Presse de l'Institut et des Sociétés Savantes**, pour son rôle important dans la vulgarisation scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

La Médaille est décernée :

— à M. **Roger Renaud**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
— à M. **Jacques Parrod**, lauréat du prix Berthelot.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDE PAR L'ETAT.

Grand prix des Sciences physiques.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, C. Barrois, P.-A. Dangeard, C. Gravier, M. Caullery, C. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'Abbé **Gaston Delépine**, professeur de géologie à la Faculté libre des sciences de Lille, pour l'ensemble de son œuvre paléontologique et géologique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALHUMBERT.

(Commissaires : MM. P.-A. Dangeard, F. Mesnil, M. Molliard, G. Bertrand, M. Caullery, C. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

Fernand Jacquet, ingénieur géologue du Service géologique de l'Afrique occidentale, était un jeune savant plein d'enthousiasme pour les recherches, qui s'était fait connaître par d'intéressantes études sur la stratigraphie du Sénégal et de la Mauritanie.

Il vient de disparaître tragiquement au cours d'une mission dans le Sahara mauritanien.

La Commission demande à l'Académie d'attribuer à cette victime de la science le prix Alhumbert comme témoignage de sympathie, d'estime et de regrets.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, H. Lebesgue, É. Cartan, H. Villat; Ém. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Darmois**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur le calcul des Probabilités.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, F. Mesnil, C. Gravier, M. Caullery; A. Gosset, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Delay**, ancien interne des Hôpitaux, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les Astéréognosies. Pathologie du toucher.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, H. Lebesgue, E. Fichot, É. Cartan; Ém. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Lévy**, professeur à l'École Polytechnique, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

SCIENCES NATURELLES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, F. Mesnil, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez; L. Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **ÉMILE ROUBAUD**, professeur à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de son œuvre entomologique et biologique.

M. Roubaud s'est acquis une légitime réputation par ses travaux sur le déterminisme des instincts chez les Insectes, sur les réactions physiologiques de ces animaux, leur parasitisme, leur rôle dans la genèse des maladies et l'évolution des organismes qu'ils transmettent.

Au cours d'une première mission en Afrique tropicale, il jette une vive lumière sur la *Glossina palpalis* de la maladie du sommeil, en décrit l'allaitement intra-utérin, les réactions physiologiques, et le développement cyclique de son Trypanosome qui évolue dans le milieu salivaire de la Mouche, enfin il formule la méthode du déboisement, qui est la mesure essentielle pour détruire le dangereux Insecte.

Deux autres missions en Afrique lui permettent d'établir la distribution des autres Glossines, de faire connaître les mœurs de diverses Mouches hématophages, notamment l'origine et le renversement, par voie expérimentale, de leur périodicité fonctionnelle, enfin d'éclairer le passage des Guêpes solitaires, qui servent à leurs larves des proies entières rendues inertes, aux Guêpes sociales, qui nourrissent leur progéniture à la becquée. A ce propos, il montre que les Guêpes sociales primitives se composent de femelles toutes semblables et faisant le même travail, que toutes exploitent leurs larves pour en laper le liquide salivaire et que leur groupement réalise en fait une association trophœcique.

Chez nous, l'activité de M. Roubaud n'est pas moins heureuse; étudiant les Anophèles et leur rôle dans le paludisme, il montre que la disparition de celui-ci dans les régions agricoles tient à la zoophilie progressive des moustiques, résultat d'une immense expérience de domestication des Anophèles locaux réalisée à son insu par l'Homme. Il a étudié ces déviations de prophylaxie trophique dans nombre de parasites et, dernièrement, dans la Pyrale du Maïs.

Il a poursuivi et poursuit encore des recherches sur la réaction des Insectes au froid, à l'humidité, réactions qui se manifestent par des états

de vie ralentie, états que l'on peut faire cesser au moyen d'excitants, comme dans la parthénogénèse expérimentale (action de l'hypochlorate de soude sur les œufs durables du Moustique de la fièvre jaune).

Inutile de citer les autres questions fort nombreuses sur lesquelles cet auteur a réalisé de fructueux efforts. M. Roubaud montre partout la finesse de son esprit, son talent et son originalité dans la recherche. Il honore la Science française et mérite largement le prix Petit d'Ormoy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Em. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, A. Cotton, C. Maurain; E. Cartan, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Marchaud**, doyen de la Faculté des sciences de Marseille, pour ses travaux de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, F. Mesnil, G. Moussu, M. Javillier; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lazare Silberstein**, docteur ès sciences, chargé de recherches à la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour l'ensemble de ses travaux sur l'importance du soufre chez les végétaux et les animaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, A. Lacroix, Ém. Borel, G. Bertrand, E. Esclangon; J. Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Lucas**, maître de Recherches, professeur à l'École de physique et de chimie, pour ses travaux sur les ondes transversales dans les liquides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Stanislas Goldsztaub**, boursier de recherches de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour son travail sur la structure cristalline des hydrates d'oxyde de fer naturels.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Dorveaux**, docteur en médecine, bibliothécaire en chef honoraire de la Faculté de pharmacie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, R. Fosse, C. Jacob, C. Pérez; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Joyeux**, professeur de parasitologie à la Faculté de médecine de Marseille, pour l'ensemble de ses travaux helminthologiques.

Après avoir débuté par des travaux divers de parasitologie, M. Joyeux s'est depuis 1920, spécialisé en helminthologie où il est passé maître : recherches sur la systématique et la répartition géographique des Helminthes (France et possessions françaises), sur la biologie de ces Vers : description ou données nouvelles sur un certain nombre de cycles évolutifs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, R. Bourgeois, Ém. Borel, M. d'Ocagne, G. Perrier, G. Durand-Viel; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Ramon**, sous-directeur de l'Institut Pasteur, pour sa belle découverte des anatoxines et ses recherches sur les vaccinations associées permettant d'effectuer plusieurs immunisations mutuellement renforcées en une seule série d'opérations.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Charles Crussard**, né à Saint-Étienne (Loire), le 24 juin 1916, sorti premier de l'École Polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1936, avec le n° 1 ou 2, de l'École Polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Charles Crussard**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr.

M. **Jean Hüe de la Colombe**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr.

M. **André Brocard**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr.

M. **Bruno Cirilli**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Em. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Claudius Roux**, secrétaire général de l'Académie des sciences et lettres de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux de sciences naturelles et d'histoire des sciences.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500^{fr} à M. **Marcel Fouché**, professeur à l'Université d'Istamboul, pour ses travaux d'acoustique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 3000^{fr} à M. **André Savornin**, ingénieur au Corps des Mines, directeur du service géologique de Madagascar, pour ses travaux de magnétisme terrestre.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. E. Leclainche, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier, M. de Broglie; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 34 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 22 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature.

Recherches sur des questions déterminées.

5000^{fr} à M. **Henri Erhart**, directeur de l'Institut pédologique du Bas-Rhin, pour l'extension de ses recherches pédologiques;

3000^{fr} à M. **Albert Henry**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses recherches sur le parasitisme de la mamelle et notamment sur la transmission des helminthoses aux jeunes par le lait de la mère;

6000^{fr} à M. **Louis Nattan-Larrier**, professeur au Collège de France, pour ses travaux sur l'étude des conditions sérologiques du développement des tissus normaux et des cancers;

3000^{fr} à M. **Paul Vayssière**, professeur à l'Institut national d'agronomie coloniale, pour la mise au point de techniques permettant la désinfection et la conservation de produits agricoles.

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer.

8000^{fr} à M. **Lucien Berland**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour des recherches à effectuer en avion sur la faune entomologique des hautes régions de l'atmosphère, particulièrement au Sénégal;

6000^{fr} à M. **Henri Humbert**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, comme contribution à une nouvelle exploration botanique dans l'Afrique tropicale australe et dans le Nord-Ouest de Madagascar.

Achat de matériel de laboratoire.

10000^{fr} à M. l'Abbé **Zéphirin Carrière**, professeur à l'Institut catholique de Toulouse, pour l'achat d'un appareillage électrique destiné à l'analyse des sons;

10000^{fr} à l'**Institut national agronomique**, pour l'achat d'un microscope pour l'examen de la fluorescence par production de rayons ultraviolets;

5000^{fr} à M. **Casimir Monteil**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un moteur à essence devant servir à des mesures au frein;

2000^{fr} à M. **Henri Thiel**, médecin-adjoint de l'Hôpital de Brévannes, pour l'achat et la mise au point d'un stéréographomètre modèle Nistri, destiné à la restitution des coupes du corps humain.

Publications.

10000^{fr} au **Comité de physique du globe des colonies**, pour la publication des *Annales de Physique du Globe de la France d'outre-mer;*

4000^{fr} à la **Fédération française des sociétés de sciences naturelles**, pour la publication de la *Faune de France;*

5000^fr à M. **Henri Gaussen**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour la publication d'un Mémoire inédit de Charles Flahault, *Sur la flore de la région méditerranéenne française;*

4000^fr à M. **Marc Simonet**, directeur de la Villa Thuret, pour la publication de 16 planches en couleurs de certains hybrides d'Iris;

3000^fr à la **Société Linnéenne de Lyon**, pour la publication des catalogues de sa Bibliothèque et de la collection Donzel.

Bibliothèques.

8000^fr à l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, pour l'achèvement du catalogue sur fiches et le complétement des collections de périodiques étrangers;

7000^fr à l'**École nationale vétérinaire de Lyon**, pour l'achat d'ouvrages étrangers spécifiquement vétérinaires;

7000^fr à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**, pour l'achat d'ouvrages français et étrangers spécifiquement vétérinaires;

5000^fr à l'**École polytechnique**, pour l'achat de publications scientifiques;

5000^fr à l'**Institut national agronomique**, pour l'achat de périodiques étrangers;

2000^fr à la **Société astronomique de France**, pour l'accroissement de sa collection de clichés pour projection;

8000^fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour l'achat d'ouvrages étrangers.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 126000^fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées :*

M. Henri Erhart	5000 fr	
M. Albert Henry	3000	17000
M. Louis Nattan-Larrier	6000	
M. Paul Vayssière	3000	

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer :

M. Lucien Berland	8000	14000
M. Henri Humbert	6000	

2° *Achat de matériel de laboratoire :*

M. l'Abbé Zéphirin Carrière	10000	
Institut national agronomique	10000	27000
M. Casimir Monteil	5000	
M. Henri Thiel	2000	

3° *Publications :*

Comité de Physique du Globe des Colonies	10000	
Fédération française des sociétés de sciences naturelles	4000	
M. Henri Gaussen	5000	26000
M. Marc Simonet	4000	
Société Linnéenne de Lyon	3000	

4° *Bibliothèques :*

École nationale vétérinaire d'Alfort	8000	
École nationale vétérinaire de Lyon	7000	
École nationale vétérinaire de Toulouse	7000	
Ecole Polytechnique	5000	42000
Institut national agronomique	5000	
Société astronomique de France	2000	
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale	8000	
Total		126000

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 2500fr à M. **Edgar Aubert de La Rüe**, docteur ès sciences, ingénieur géologue, pour ses explorations dans les colonies françaises : îles Kerguelen, Madagascar, La Réunion, Saint-Pierre et Miquelon; et Afrique occidentale et équatoriale;

un prix de 2500fr à M. **Albert Berthelot**, docteur en médecine, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses travaux et notamment ses études sur les milieux synthétiques ou naturels appropriés à la culture de microbes pathogènes pour l'homme, les animaux et les plantes;

un prix de 2500fr à M. **Maurice Bouvet**, docteur en pharmacie, vice-président de la Société d'histoire de la pharmacie, pour son ouvrage intitulé : *Histoire de la pharmacie en France des origines à nos jours;*

un prix de 2500fr à M. **Gilbert Ranson**, docteur ès sciences, assistant au laboratoire de malacologie du Muséum national d'Histoire naturelle, pour son ouvrage intitulé : *Méduses provenant des Campagnes du Prince Albert* Ier *de Monaco;*

un prix de 2500fr à M. **Constantin Toumanoff**, chef de laboratoire aux Instituts Pasteur d'Indochine, pour ses études relatives à l'antipaludisme en Extrême-Asie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION HENRY LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, A. Lacroix, L. Lumière, M. Laubeuf, G. Claude, L. Guillet, R. Esnault-Pelterie; G. Charpy, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer la subvention à M. **Léon Guillet** fils, ingénieur des arts et manufactures, pour des études sur le zirconium et le glucinium.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION MILLET-RONSSIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, L. Cayeux, A. Guilliermond, P. Marchal; Ch. Jacob, F. Mesnil, P.-A. Dangeard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 4000^{fr} à M. **Justin Savornin**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour son œuvre géologique en Algérie;

un prix de 3000^{fr} à M. **Paul Remy**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de son œuvre zoologique et particulièrement pour ses travaux sur les Insectes;

un prix de 3000^{fr} à M. **Robert Kühner**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur la systématique des Champignons basidiomycètes.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION VILLEMOT.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, A. Lacroix, P. Montel, H. Villat, E. Esclangon, R. Bourgeois, R. Lespieau, Ch. Jacob, A. Chevalier, P. Marchal, H. Vincent, M. d'Ocagne, P. Weiss, L. Guillet; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose l'attribution des subventions suivantes :

15000^{fr} à Mme **Rose Bonnet-Sainturier**, aide-astronome à l'Observatoire de Paris, pour la publication d'un mémoire sur les étoiles doubles;

15000^{fr} à M. **Lucien Cayeux**, membre de l'Académie, pour l'achat d'un microscope polarisant et divers instruments;

40000^{fr} à M. **Aimé Cotton**, membre de l'Académie, pour le laboratoire de l'Électro-aimant de l'Académie des sciences;

12000^{fr} à M. **Alexandre Dauvillier**, docteur ès sciences, chef de laboratoire de physique cosmique à l'Observatoire de Meudon, pour la construction et la mise au point d'un électromètre enregistreur;

5000fr au R. P. **Jean Goarnisson**, docteur en médecine, ex-interne de l'Hôpital Saint-Yves de Rennes, chef du laboratoire de la colonie de la Haute Volta, pour contribuer à l'établissement d'un laboratoire destiné aux préparations courantes de certains remèdes contre la lèpre et la maladie du sommeil;

53000fr à M. **Édouard Legé**, ingénieur, pour l'expérimentation, sur un plan semi-industriel, de l'emploi des graines oléagineuses coloniales dans la fabrication synthétique d'essences pouvant servir à l'alimentation des moteurs;

15000fr à M. **Charles Maurain**, membre de l'Académie, pour les recherches relatives au Magnétisme terrestre et à l'électricité atmosphérique poursuivies sous sa direction au nouvel observatoire géophysique de Chambon-la-Forêt, Loiret;

5000fr à M. **Marin Molliard**, membre de l'Académie, pour la préparation de cultures aseptiques nécessaires à ses recherches concernant l'action morphogénique et physiologique sur les végétaux des divers gaz de l'atmosphère sous des pressions variables;

8000fr à M. le professeur **Albert Peyron**, de l'Institut Pasteur, pour le développement et la publication de ses études de pathologie comparée relatives aux tumeurs;

10000fr à M. **Maurice Piettre**, docteur ès sciences, directeur de l'Institut international du froid, pour l'installation au laboratoire des Halles centrales, d'une chambre à très basse température;

10000fr à M. **Gustave Ribaud**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, directeur du laboratoire des hautes températures, pour l'étude expérimentale des divers procédés d'évaluation des pertes calorifiques par les parois des fours industriels;

12000fr à M. **Hyacinthe Vincent**, membre de l'Académie, pour l'achat d'animaux de laboratoire et de matériel destinés à poursuivre ses recherches sur l'immunité et sur la pathologie des maladies infectieuses.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION FRÉMONT.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mme **Gabriel Cusco.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GIRBAL-BARAL.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer deux allocations de 10000fr :

— à M. **Daniel Bouttier**, externe des Hôpitaux;
— à M. **Julien Jouin**, étudiant en médecine.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX D'AUMALE.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose l'attribution des deux prix suivants :

— 5000fr à la Veuve de **Joannès Chatin** (1847-1912), membre de la Section d'anatomie et zoologie de l'Académie des sciences;

— 5000fr à la Veuve de **Jean Charcot** (1867-1936), membre de l'Académie des sciences, explorateur des Mers polaires, péri avec son navire le « *Pourquoi-Pas ?* », près de Reykjawik, Islande, au retour d'une croisière scientifique au Groenland.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.



LECTURE.



M. **Emile Picard**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La vie et l'œuvre de Paul Villard et de Georges Gouy*.

A. Lx et É. P.



TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1937.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

ASTRONOMIE.

GÉOGRAPHIE.

NAVIGATION.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

CANCER ET TUBERCULOSE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1937. (*Suite et fin.*)

Geologische Kaart van Sumatra. Schaal 1/200000e. Tœlichting bij blad 16 (*Lahat*), par K. A. F. R. Musper, in *Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indië*, 1937; 1 fasc. 27^{cm} (en langue hollandaise).

Carte géologique de Java au 1/100000e. Feuille 66, *Karangkobar*, 1937; 1 planche 59^{cm} × 54^{cm},5.

Geologische Kaart van Java. Schaal 1/100000e. Tœlichting bij blad 66 (*Karangkobar*), par R. W. van Bemmelen, in *Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indië*, 1937; 1 fasc. 24^{cm} (en langue hollandaise).

Les Arachnides de France, par Eugène Simon, tome sixième (cinquième et dernière partie). Paris, Encyclopédie Roret, Edgar Malfère, 1937; 1 vol. 23^{cm}.

Avitaminose et Métabolisme glucidique musculaire, par Roger-Jean-Louis Duffau. Paris, Vigot frères, 1937; 1 vol. 25^{cm},5.

L'évolution des méthodes de calcul des phénomènes transitoires, par André Blondel. Paris, *Revue générale d'électricité*, 1937; 1 fasc. 27^{cm}.

Déséquilibres alimentaires et nutritifs, par Raoul Lecoq. Paris, Vigot frères, 1938; 1 fasc. 25^{cm}.

La culture des tissus végétaux, son état actuel, comparaison avec la culture des tissus animaux, par R. J. Gautheret, in *Actualités scientifiques et industrielles*, 554; cytologie et cytophysiologie végétales. Paris, Hermann et Cie, 1937; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. A. Guilliermond).

Contribution à l'étude des Poissons des eaux douces tonkinoises, par P. Chevey et J. Lemasson, in *Institut des recherches agronomiques de l'Indochine*. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1937; 1 vol. 28^{cm},5.

Mélanges entomologiques, 6e fasc., par Henri Gadeau de Kerville. Extrait du *Bulletin de la Société des Amis des sciences naturelles de Rouen*. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1936; 1 vol. 25^{cm},5.

Opérations infinitésimales linéaires, par Vito Volterra et Bohuslav Hostinsky, in *Collection de monographies sur la théorie des fonctions*. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 25^{cm},5.

Œuvres complètes d'Augustin Cauchy, publiées sous la direction scientifique de l'Académie des sciences et sous les auspices de M. le Ministre de l'Éducation nationale. IIe série, tome XIV. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 28^{cm},5.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1937.

Traité élémentaire de chimie de Lavoisier, in *Les classiques de la Découverte scientifique.* Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 19^{cm} (présenté par M. G. Urbain).

Métallographie et traitement thermique du fer et de l'acier, par A. SAUVEUR. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 27^{cm},5 (présenté par M. L. Guillet).

Benjamin Baillaud (1848-1934). Toulouse, Édouard Privat, 1937; 1 vol. 24^{cm}.

La synthèse totale en chimie organique. Mémoires de MM. Wöhler, Gerhardt, M. Berthelot, Le Bel, Van't Hoff, Jùngfleisch, Ladenbŭrg, Pasteur, par MARCEL DELÉPINE, in *Les classiques de la découverte scientifique.* Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 19^{cm}.

Vaccination contre la sénescence précoce, par C. PICADO. Paris, Librairie E. Le François, 1937; 1 vol. 22^{cm},5.

Technique de la méthode des moindres carrés, pas HENRI MINEUR, in *Monographies des probabilités,* fascicule II. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol 25^{cm},5.

Hormone ovarienne et caractères raciaux du plumage chez le coq et la poule domestiques. Étude de génétique expérimentale, par V. RÉGNIER, in *Bulletin biologique de France et de Belgique,* supplément XXII. Paris, Laboratoire d'évolution des êtres organisés, 1937; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. Caullery).

Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques professées à la Sorbonne et à l'Université de Cernauti, par S. STOÏLOW. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 25^{cm},5.

Leçons sur la mécanique de l'aviation, par MAURICE ROY. Paris, *École nationale supérieure de l'aéronautique,* 1937; 1 vol. (polycopié), 27^{cm}.

Leçons de mécanique-physique des fluides, par A. TENOT. Paris, Dunod, 1938; 1 vol. 20^{cm} (présenté par M. Léon Guillet).

Complément au cours de Ponts métalliques, par LOUIS GRELOT. Paris, *École nationale des Ponts et Chaussées,* 1933-1934; 1 fasc. (polycopié), 32^{cm}.

Cours de Ponts métalliques, par LOUIS GRELOT. Paris, *École nationale des Ponts et Chaussées,* 1935-1936; 1 vol. (polycopié), 32^{cm} (présenté par M. M. d'Ocagne).

Complément au cours de Ponts métalliques, par LOUIS GRELOT. Paris, *École nationale des Ponts et Chaussées,* 1937-1938; 1 fasc. (polycopié), 32^{cm}.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 DÉCEMBRE 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes du Nouvel an la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 4 janvier au lieu du lundi 3.

MINÉRALOGIE. — *La nature du gisement de zircon du Mont Ampanobe, à Madagascar.* Note de M. **Alfred Lacroix**.

Parmi les caractéristiques minéralogiques intéressantes de Madagascar, une place de choix doit être faite au gisement de *zircon* du Mont Ampanobe. Ce minéral s'y trouve dans des conditions qui n'ont pas été observées ailleurs et en énormes cristaux, dont certains pèsent plusieurs kilogrammes et sont suffisamment abondants pour pouvoir être exploités industriellement, en raison de leur propriété réfractaire. En 1936, la production de ce zircon a été de 18 tonnes, malgré les difficultés d'accès du gisement.

En décrivant autrefois [1] ce minéral, j'ai émis l'hypothèse qu'il se rencontre dans une pegmatite granitique, dont M. Perrier de la Bâthie avait recueilli des échantillons. Depuis lors, M. Lenoble a fait la carte de cette région semi-désertique, située sur la rive droite de la Manantanana, entre Solila et le Mont Tsitondroina (districts de Fianarantsoa et d'Ambalavao); il a étudié en détail sa géologie et m'a confié l'examen de ses récoltes, en y joignant une Note publiée par lui à Tananarive [2]. L'étude de l'ensemble

---

(1) *Minéralogie de Madagascar*, 1, 1921, p. 236; 2, 1922, p. 365.
(2) *Ann. géol. Serv. Mines Madagascar*, fasc. VI, 1936.

de ces documents me conduit à formuler les remarques et conclusions suivantes, montrant que la question est moins simple que je ne l'avais pensé tout d'abord.

D'après M. Lenoble, la région est formée : 1° à la base, par des gneiss et micaschistes ([3]) à sillimanite, recouverts en discordance par ce qu'il a appelé la *Série métamorphique du Vohimena* (micaschiste et quartzite à disthène, chloritoschiste, gneiss à pyroxène, grenatite feldspathique ou non, calcaire cristallin accompagné de wollastonitite à grossulaire); 2° par un granite à deux micas, porphyroïde par places, intrusif dans ces schistes cristallins; 3° enfin, au contact du granite et de la série précédente, se trouve ce qu'il a désigné sous le nom de gneiss à albite et anorthite. C'est une roche à structure granulitique, de couleur claire, formée de microcline, d'andésine parfois bordée d'albite, de quartz, avec lits discontinus d'un vert pâle renfermant : diopside, hornblende d'un vert foncé et localement épidote, sphène, essonite, zircon, scapolite, apatite (analyse 1).

Dans la partie haute de la montagne, et sur une surface d'environ $1800^m \times 600^m$, abonde une roche analogue, mais dont la teneur en barylites est plus faible (analyse 2) et le rubanement moins accusé. Sur l'éperon nord, elle est en contact avec une wollastonitite. Par leur composition minéralogique, ces deux roches doivent être considérées comme des *dissogénites granitiques*, bien qu'elles ne semblent pas avoir une allure filonienne.

C'est au milieu de cette dernière dissogénite que se trouve, sous forme de traînées ou de filonnets discontinus, la roche zirconifère principale. Elle est de couleur blanche, à grain moyen ou gros; sa structure est granulitique et aux affleurements, elle s'émiette facilement ([4]). Elle est constituée par des feldspaths : microcline prédominant (analyse 3) et andésine en quantité variable, accompagnés par fort peu de quartz. Cette roche possède donc un faciès syénitique; les cristaux de zircon tranchent sur ce fond hololeucocrate, par leurs grandes dimensions qui lui donnent un

---

([3]) Ces micaschites à biotites renferment en grand nombre des nodules sphériques ou lenticulaires, mis en liberté par la décomposition du reste de la roche; ils sont formés de quartz granoblastique, englobant des touffes de *fibrolite* et quelques lames de muscovite.

([4]) Les cristaux de zircon qu'elle renferme sont ainsi facilement mis en liberté et gisent en grand nombre, isolés à la surface du sol, dans la terre rouge.

aspect porphyroïde et par leur couleur rosée ou d'un gris clair. Allongés suivant l'axe vertical, ils peuvent avoir jusqu'à 12^{cm} suivant l'axe quaternaire et 7 ou 8 suivant les axes binaires. Le plus souvent isolés, ils sont parfois groupés pour former de volumineux enchevêtrements à structure miarolitique.

Les formes les plus développées sont *m* et $b^{1/2}$, avec ou sans $b^{1/4}$ et $b^{1/6}$, et plus rarement $x(311)$. Les faces octaédriques sont assez souvent irrégulièrement développées. La densité est de 4,596, c'est-à-dire celle du zircon normal.

Ces cristaux ont subi des actions mécaniques violentes, beaucoup sont craquelés, tordus, brisés.

Cette roche feldspathique présente, çà et là, quelques minéraux accessoires : diopside, hornblende d'un vert très foncé, grenat grossulaire, sphène, apatite; plus rarement, au contact du granite, ces minéraux colorés forment de petits amas, dans quoi sont enchâssés de gros zircons, les feldspaths ne formant plus que, de loin en loin, une bordure à ceux-ci.

Notons enfin qu'au milieu de la roche qui nous occupe, il existe des filonnets discontinus de quartz laiteux ou translucide, de 10 à 20^{cm} de puissance, ne renfermant qu'exceptionnellement du zircon accompagné de calcite, de trémolite et de fluorine; ces derniers minéraux, mais non le zircon, existent aussi dans des veinules quartzeuses indépendantes au milieu de la dissogénite.

Sur la pente orientale du sommet du Mont Ampanobe, la dissogénite renferme de petites veines de pegmatite, riches en quartz, de 30 à 60^{cm} d'épaisseur, contenant de très gros cristaux trapus de zircon de couleur foncée, associés à de la fluorine violette. C'est dans cette pegmatite qu'en 1920 M. Perrier de la Bâthie avait recueilli les échantillons que j'ai décrits antérieurement. Il est probable qu'il s'agit là d'une variété très quartzique de la roche précédente, mais il n'est pas possible de le prouver, la totalité des feldspaths ayant été transformés en calcédoine. En tous cas, elle diffère des pegmatites de type banal qui traversent les schistes cristallins de la base de la montagne et qui renferment : biotite, muscovite, almandin, priorite, betafite, columbite, et se terminent par des filons de quartz rose ou laiteux, pauvres en feldspaths.

Des faits qui viennent d'être exposés, il est possible de tirer quelques interprétations. Par définition ([5]), les dissogénites sont dues à des émana-

([5]) *Minéralogie de Madagascar*, 2, p. 273.

tions pneumatolytiques du magma granitique, comme les pegmatites, mais elles en diffèrent en ce qu'elles ont été endomorphisées par réaction des roches calciques traversées. Dans différents gisements de Madagascar (notamment à Alasora, près de Tananarive) et d'ailleurs, elles renferment des veinules pegmatitiques à plus grands éléments, et parfois de composition assez complexe. La roche syénitique du Mont Ampanobe me paraît en être l'homologue. La présence accessoire de grossulaire, de diopside de sphène indique une parenté d'origine avec les dissogénites, mais ce qui en fait l'originalité, c'est l'extraordinaire abondance du zircon; du point de vue génétique, la présence de la fluorine est tout à fait symptomatique.

Il ne semble pas que l'on ait jusqu'ici rencontré dans d'autres pays un tel apport de zircone effectué par des émanations dérivant d'un magma granitique potassique. On connaît bien les pegmatites du comté d'Henderson, dans la Caroline du Nord, qui sont riches en cristaux de zircon de petites dimensions, mais elles ne méritent pas d'être identifiées avec les roches qui font l'objet de la présente Note.

Analyses par M. Raoult. L'échantillon n° 3 a été choisi dans une partie de la roche dépourvue de zircon, mais contenant du grenat.

1. Dissogénite granitique. Base du M[t] Ampanobe .... (I)II.4.2(3).2(3)
2. » » Sommet » I.4.2.3
3. Dissogénite syénitique pegmatitique I.5.2.2

	1.	2.	3.
SiO^2	67,28	68,42	62,82
Al^2O^3	13,54	16,36	20,15
Fe^2O^3	0,51	0,07	0,54
FeO	2,52	0,51	0,07
MnO	0,04	0,04	tr.
MgO	1,15	0,68	0,08
CaO	5,84	3,78	2,10
Na^2O	1,90	3,01	1,81
K^2O	5,21	6,24	11,22
TiO^2	0,96	0,56	–
P^2O^5	0,07	0,22	0,05
H^2O^+	0,82	0,32	0,73
H^2O^-	0,23	0,04	0,49
	100,07	100,25	100,06

SPECTROSCOPIE. — *Constante universelle des spectres de bandes. Attribution des raies de la bande à d'autres causes que la rotation de la molécule.* Note de M. H. **Deslandres**.

J'ai étudié, de 1885 à 1919 (¹), la répartition des raies et des bandes dans les spectres de bandes ou spectres moléculaires, et j'ai représenté l'ensemble des fréquences d'un même spectre par une formule polynomale du second degré, à trois variables ou paramètres, auxquels on donne les valeurs des nombres entiers successifs. Cette formule a été la base expérimentale de travaux théoriques très importants sur les spectres moléculaires, travaux appuyés sur la théorie des quanta et la théorie des niveaux d'énergie de Bohr. Après 1919, j'ai cherché à compléter mes premiers résultats, et, en dehors de toute théorie, à reconnaître comment les constantes de la formule générale sont liées aux atomes associés de la molécule. Parmi ces constantes, les coefficients des termes du premier degré offrent un intérêt particulier.

Les variables de la formule, comme on sait, sont actuellement des nombres quantiques désignés par les lettres J, v' et v''; et leurs coefficients du premier degré sont désignés par les lettres B_0, a' et a''. Les variations de J donnent les raies d'une même bande, attribuées dès le début à la rotation de la molécule, et, par les variations de v' et v'', on a l'emplacement des bandes, et les raies dites de vibration, qui sont attribuées aux électrons d'un atome excités par l'approche d'un atome voisin ou plus exactement du noyau de cet atome.

On peut obtenir ces constantes en relevant le spectre entier; mais on les a plus facilement dans la région infrarouge, qui offre les raies dites de rotation et les raies de vibration nettement séparées; les fréquences infrarouges les plus faibles sont les plus intéressantes. Or, récemment, de nombreux spectres d'absorption infrarouges ont été publiés, et l'on peut citer un spectre d'absorption de la vapeur d'eau, présenté cette année aux États-Unis qui, de 18^{μ} à 135^{μ}, offre plus de 200 radiations. L'analyse de ces spectres doit intéresser fortement les chimistes; car elle décèle les arrangements divers des atomes dans la molécule et aussi les polymères.

Enfin le phénomène de Raman fournit des données infrarouges pré-

(¹) Voir surtout les Notes : *Comptes rendus*, **103**, 1886, p. 375; **104**, 1887, p. 972; **134**, 1902, p. 747; **157**, 1913, p. 671; **169**, 1919, p. 745 et 1365.

cieuses, mesurées avec précision. En fait, j'ai pu m'appuyer presque exclusivement sur des fréquences infrarouges, et vérifier sur plus de 150 molécules la formule simple suivante, qui s'applique à chaque fréquence :

$$\nu \text{ en cm}^{-1} = \frac{qd_1}{s'r'}, \quad (1)$$

d_1 étant la constante universelle 1062,5; q étant un nombre entier et r' un nombre entier petit; s' étant le nombre des électrons contenus dans les sous-anneaux ou anneaux d'un atome, qui sont excités par l'approche d'un atome voisin. Dans ce cas, les théories quantiques font intervenir seulement les électrons de l'anneau extérieur, appelé aussi premier anneau; mais l'étude expérimentale impose l'intervention des autres anneaux qui, d'ailleurs, ne sont excités avec force que successivement. Un point important est que la fréquence est en raison inverse du nombre des électrons excités ([2]).

J'ai signalé pour la première fois la constante d_1 en 1919 dans les spectres de bandes, et ensuite en 1924 dans les spectres de lignes ([3]); mais les spectroscopistes ne lui ont pas accordé une grande attention. Or, en 1935, le professeur Allen, de l'Université de Saint-Andrews (Écosse), a annoncé à la Société Royale de Londres ([4]) que la constante $d_1 = 3\nu_A/2$, ν_A étant une constante, aussi universelle, qu'il a tirée en 1917 de ses recherches sur la chaleur spécifique des solides. Cette remarque est importante. Malgré la différence des origines, les deux constantes peuvent être substituées l'une à l'autre, et l'on peut conclure qu'elles sont liées aux propriétés les plus intimes de la matière.

La formule (1) a été reconnue d'abord sur les fréquences de rotation avec les molécules OH^2, ClH et FH (1925), puis étendue aux raies de vibration, ces dernières vérifications étant actuellement de beaucoup les plus nombreuses ([5]).

([2]) Cette formule est appliquée aux fréquences principales; les fréquences dues à une combinaison sont écartées. On analyse chaque fréquence en recherchant les nombres s', q et r' qui, portés dans la formule, donnent cette fréquence.

J'ai analysé quelques composés d'hydrogène dans lesquels un ou plusieurs atomes d'hydrogène léger sont remplacés par de l'hydrogène lourd. Plusieurs fréquences sont modifiées; mais les nombres s' sont maintenus, les variations portant sur les nombres r' et q. A citer les phosphures PH^3 et PD^3.

([3]) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 745 et 1365; **179**, 1924, p. 5 et 1005.

([4]) *Proceedings of the Royal Society*, **156**, 1935, p. 85.

([5]) Voir aux *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1980; **181**, 1925, p. 181, puis les douze

Or il est étonnant qu'une même formule puisse s'appliquer à des radiations émises dans des conditions aussi différentes, et je suis conduit à faire une fois de plus la critique de la rotation moléculaire, admise dès le début, comme la cause des raies de la bande.

On a souvent comparé au système solaire l'atome et son cortège d'électrons. Or le système solaire n'a pas de rotation générale, mais chacun de ses éléments a sa rotation particulière. Avec l'atome, après avoir considéré seulement sa rotation générale, on a dû, pour expliquer de multiples détails, recourir au spin, à la rotation des électrons et du noyau. J'estime que l'on devra abandonner la rotation générale, et je rappelle les objections, appuyées sur le spectre infra-rouge de ClH, que j'ai présentées en 1935 [6]. La constante B_0 est égale à $d_1/17 \times 3$, alors que la raie unique de vibration est égale à $19\, d_1/7$. Tout se passe comme si les raies dites de rotation étaient dues à l'excitation des 17 électrons de Cl, et la raie de vibration à l'excitation du premier anneau seul, formé de 7 électrons. Il y a là une indication sur l'origine de la raie attribuée jusqu'ici à la rotation.

D'ailleurs la formule (1) est la même pour les raies de rotation et de vibration, seulement lorsque l'un des constituants C_1 de la molécule $C_1 - C_2$ est un atome d'hydrogène, C_2 pouvant être un radical, ce qui est le cas avec les molécules OH^2, ClH et CH^4 des premières recherches sur la formule (1). Dans le cas général, C_1 et C_2 étant quelconques, le s' de la formule (1) est, pour la rotation, le produit des deux nombres d'électrons, s'_1 et s'_2 excités dans C_1 et dans C_2. Le facteur $d_1/s'_1 \times s'_2$ est alors substitué au facteur d_1/s' dans la formule (1), et est réduit à d_1/s'_1, si l'atome C_2 est un atome d'hydrogène avec un seul électron. Ce facteur $d_1/s'_1 \times s'_2$, dans le cas général, est notablement plus petit que les facteurs d_1/s'_1 et d_1/s'_2 qui correspondent toujours à la raie de vibration; ce qui explique pourquoi les constantes a' et a'' de vibration sont notablement plus grandes que les constantes B_0 rattachées à la rotation [7].

Il est admis par tous que la raie de vibration est due à l'action exercée

---

Notes qui se rapportent à 44 molécules : **191**, 1930, p. 1404; **192**, 1931, p. 521, 1417 et 1606; **193**, 1931, p. 1364; **194**, 1932, p. 1033 et 2093; **198**, 1934, p. 2037; **199**, 1934, p. 393 et 1543; **200**, 1935, p. 603 et 1997.

(6) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1417; **193**, 1931, p. 1364; **200**, 1935, p. 603.

(7) Le produit $d_1/s'_1 \times s'_2$ a été vérifié sur de nombreux spectres. A citer deux exceptions fournies par les raies Raman de rotation des molécules N^2 et O^2, qui seront examinées dans une Note spéciale.

sur les électrons d'un atome par le noyau ponctuel d'un atome voisin. Or les électrons attachés à ce noyau se déplacent avec lui et doivent agir aussi sur les électrons du premier atome. La fréquence dite de rotation doit être provoquée par l'action mutuelle des deux groupes d'électrons.

Dans le cas de ClH présenté ci-dessus, le noyau de H, avec une charge élémentaire positive, et son électron avec une charge élémentaire négative, agissent sur les 17 électrons de Cl. Mais l'électron de H, qui se meut et s'en approche davantage, a une action plus forte. Il peut exciter les 17 électrons de Cl, alors que son noyau n'est capable d'exciter que les 17 électrons du premier anneau. Enfin, il apparaît que la formule (1) est aussi valable entre des charges électriques de même sens qu'entre des charges électriques de sens contraire.

Cependant, dans les Notes précédentes, j'ai présenté surtout les fréquences de vibration, en intercalant parfois des fréquences de rotation. Dans les Notes qui vont suivre, j'étudierai surtout les fréquences de rotation, et en particulier le spectre de l'hydrogène, dont les constantes B_0, a' et a'' forment des séries régulières rattachées simplement à d_1, et aussi le spectre infrarouge de la vapeur d'eau, plus complet, qui permet une analyse plus riche en résultats.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelle méthode pour traiter certains problèmes relatifs aux équations du type elliptique.* Note de M. **Georges Giraud**.

Dans l'espace euclidien à m dimensions, soit $\mathcal{D}$ un domaine (ouvert) borné, dont la frontière $\mathfrak{S}$ est entièrement couverte par un ensemble fini de domaines dans chacun desquels une coordonnée est fonction continue et deux fois continûment dérivable des $m-1$ autres; on suppose que $\mathfrak{S}$ n'a aucun point multiple. Soient $a_{\alpha,\beta}(X)$ $(\alpha, \beta = 1, \ldots, m)$ des fonctions données qui remplissent dans $\mathcal{D}+\mathfrak{S}$ une condition de Dini,

$$|a_{\alpha,\beta}(X) - a_{\alpha,\beta}(Y)| < \omega[L(X, Y)] \qquad (L = \text{distance}),$$

où ω est une fonction croissante, telle que $\omega(t)/t$ soit sommable dans tout intervalle; on suppose que la forme quadratique $\Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta}(X) z_\alpha z_\beta$ est définie et positive, quel que soit X; on n'a pas nécessairement $a_{\alpha,\beta} = a_{\beta,\alpha}$. Soient encore b_α, c et f des fonctions données, continues dans $\mathcal{D}+\mathfrak{S}$, et χ et φ des fonctions données, continues sur $\mathfrak{S}$; soient enfin ϖ_α $(\alpha = 1, \ldots, m)$ les

cosinus directeurs de la normale à $\mathcal{S}$ dans le sens sortant de $\mathcal{D}$. Nous posons

(1) $$\mathcal{F}u = \Sigma_{\alpha,\beta}a_{\alpha,\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu,$$

(2) $$\Theta u = \Sigma_{\alpha,\beta}a_{\alpha,\beta}\varpi_\beta \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + \chi u;$$

ces opérations peuvent aussi être prises en un sens généralisé. Le problème général dont nous voulons nous occuper, est de trouver une fonction u continue dans $\mathcal{D} + \mathcal{S}$ et qui remplisse les conditions

(3) $$\mathcal{F}u = f \quad \text{dans } \mathcal{D},$$

(4) $$\Theta u = \varphi \quad \text{sur } \mathcal{S}.$$

Dans certains cas, et notamment pour $\omega(t) = t^h$ $(h > 0)$, ce problème peut être traité en employant des équations à intégrales principales [1]. La méthode qui va être esquissée recourt uniquement à de véritables équations de Fredholm [2].

Le point de départ de la méthode est la formation d'une fonction $H_1(X, \Xi)$, solution fondamentale de l'équation

$$\Delta_X H_1(X, \Xi) - g^2 H_1(X, \Xi) = 0 \qquad (g > 0, \Delta = \text{laplacien})$$

dans la région $x_m > 0$, nulle à l'infini, et dont la dérivée suivant une direction donnée est nulle pour $x_m = 0$. Cette fonction existe et est bien déterminée; elle se trouve comme lorsqu'on a $g = 0$ et $m \gtreqless 3$ [3]. A l'aide de H_1, on forme une fonction $H(X, \Xi)$, définie et continue quand X et Ξ sont distincts et appartiennent à $\mathcal{D} + \mathcal{S}$, ayant la singularité d'une solution fondamentale de $\mathcal{F}$ quand Ξ appartient à $\mathcal{D}$, et qui jouit des propriétés suivantes : en désignant par $\psi(t)$ une certaine fonction croissante, dépendant de g et telle que $\psi(t)/t$ soit sommable dans tout intervalle, on a, quels que soient X et Ξ dans $\mathcal{D} + \mathcal{S}$ et Y sur $\mathcal{S}$,

$$|\mathcal{F}H(X, \Xi) - g^2 H(X, \Xi)| < \psi[L(X, \Xi)]L^{-m}(X, \Xi),$$
$$|\Theta H(Y, \Xi)| < \psi[L(Y, \Xi)]L^{1-m}(Y, \Xi);$$

la fonction ψ, qui sera choisie de façon que $\psi(t)t^{-\mu}$ soit décroissant, μ étant

(1) *Ann. scient. Éc. Norm. sup.*, **51**, 1934, p. 251 à 372; **53**, 1936, p. 1-40; **54**, 1937, p. 293-294.

(2) Sous ce rapport, cela se rapproche d'une méthode de C. W. Oseen (*Ark. för Mat. Astr. Fys.*, nos **24**, **25** A, 1937, p. 1-39).

(3) Deuxième Mémoire cité dans la Note (1), spécialement Chapitre II.

une constante donnée, positive et < 1, est fonction décroissante de g, et la grandeur

$$\tau = \int_0^{2R} \frac{\psi(t)}{t}\, dt \qquad (2R = \text{plus grande corde de } \mathfrak{S})$$

tend vers zéro avec $1/g$.

Ayant formé H, nous cherchons parmi les fonctions

$$(5) \qquad u(X) = -\int_{\mathfrak{D}}^{(m)} H(X, A)\, \rho(A)\, dV_A + \int_{\mathfrak{S}}^{(m-1)} H(X, B)\, \sigma(B)\, dS_B,$$

où dV et dS sont les éléments euclidiens, et ρ et σ sont des fonctions inconnues, une fonction $u(X)$ qui remplisse la condition

$$(6) \qquad \mathcal{F} u - g^2 u = f \quad \text{dans } \mathfrak{D}$$

et la condition (4). En supposant que ρ soit continu en tout point de $\mathfrak{D}$, et σ continu sur $\mathfrak{S}$, nous obtenons des équations intégrales

$$(7) \quad \rho(X) - \int_{\mathfrak{D}}^{(m)} K_{1,1}(X, A)\, \rho(A)\, dV_A - \int_{\mathfrak{S}}^{(m-1)} K_{1,2}(X, B)\, \sigma(B)\, dS_B = f(X),$$

$$(8) \quad \sigma(Y) - \int_{\mathfrak{D}}^{(m)} K_{2,1}(Y, A)\, \rho(A)\, dV_A - \int_{\mathfrak{S}}^{(m-1)} K_{2,2}(Y, B)\, \sigma(B)\, dS_B = \varphi(Y),$$

qui doivent être satisfaites quels que soient X dans $\mathfrak{D}$ et Y sur $\mathfrak{S}$. Les noyaux $K_{\alpha,\beta}$ ont des limitations qui résultent des propriétés de H. Soit $K_{\alpha,\beta}^{(n)}$ le noyau qui remplace $K_{\alpha,\beta}$ après itération de rang n; k étant une certaine constante, on démontre qu'on a, pour $n > 1$,

$$|K_{1,\alpha}^{(n)}| < k^{n-1}\tau^{n-2} L^{-m}\, \psi(L)\, [\tau + L\, \psi(s)\, s^{-1}],$$
$$|K_{2,\alpha}^{(n)}| < k^{n-1}\tau^{n-1} L^{1-m}\, \psi(L) \qquad (\alpha = 1 \text{ ou } 2);$$

s représente la distance entre $\mathfrak{S}$ et le premier point dont dépendent les $K_{1,\alpha}^{(n)}$. On peut en déduire que *la théorie de Fredholm s'applique au système* [(7), (8)].

Il est douteux que toute solution des conditions (6) et (4) puisse se mettre sous la forme (5). Mais si g est assez grand pour que $k\tau$ soit < 1, le système [(7), (8)] a une solution et une seule; si en outre g est assez grand pour que $c - g^2$ soit partout < 0, et si χ est partout > 0, il est certain qu'il n'y a pas deux fonctions u distinctes qui remplissent les conditions (6) et (4). Donc dans certains cas le système [(7), (8)] résout complètement la question, qui admet alors une et une seule solution. Pour ces cas, nous construirons une fonction de Green, $G(X, \Xi)$, qui remplacera H pour

traiter notre problème dans tous les cas. Finalement *la discussion est la même que dans les cas traités antérieurement.*

Cela subsiste si $c(X)$ et $f(X)$ sont continus aux points de $\mathcal{O}$ et valent $O[\omega(s)/s]$, où s est la distance entre X et $\mathfrak{S}$, le reste des hypothèses n'étant pas changé. Par une autre voie, on trouve que ceci s'applique aussi aux problèmes du type de Dirichlet; c'est à rapprocher de résultats de M. Marcel Brelot sur l'opération $\Delta u + cu$.

On peut aussi ajouter aux fonctions b_α, c, f, χ et φ des termes qui satisfont aux mêmes hypothèses que dans un cas déjà traité ([4]). Quant à $\mathfrak{S}$, si toute dérivée w de la coordonnée exprimée au moyen des autres remplit une condition $|w(X)-w(Y)|<\omega(L)[\log(4R)-\log L]^{-1}$, l'existence des dérivées secondes est inutile.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La révélation instantanée des lames monomoléculaires étalées sur le mercure par la formation d'une buée.* Note de M. **Henri Devaux.**

La révélation d'une souillure, à la surface de l'eau ou du mercure, est rendue manifeste, soit par l'abaissement de la tension superficielle de ces liquides, soit par la solidarité ou cohésion mécanique de toutes les parties de la surface. Lorsqu'il s'agit du mercure, on peut aussi se servir d'un troisième caractère, applicable à toutes les substances à affinités lipoïdiques : la formation d'une buée par la vapeur d'eau saturante, et ce mode de révélation est d'une sensibilité extrême, en même temps que d'une simplicité remarquable. Il se manifeste encore fortement sur les lames monomoléculaires en extension maxima, phase à laquelle les deux premiers caractères (abaissement de la tension superficielle et cohésion) sont rigoureusement nuls.

A titre d'exemple, je décrirai la révélation de l'huile d'olive au maximum d'extension.

Lame monomoléculaire d'huile. — Sur une surface de mercure, parfaitement propre et récemment renouvelée par raclage avec une bande épaisse de verre ([1]), je répands un nuage très léger de poudre de talc, puis je touche

([4]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 925-928 (notation un peu différente).

([1]) Pour le nettoyage du mercure, voy. H. Devaux, *Étude des propriétés de la surface de mercure* (*P.-V. Soc. Sc. Phys. et Nat. de Bordeaux*, Séance du 9 juin 1927, p. 152).

le milieu avec un fil de verre portant une trace d'huile. Il se produit brusquement un cercle parfait par écartement du talc, cercle nettement limité, ayant par exemple 5 à 6 centimètres de diamètre. J'envoie alors sur la surface du mercure de l'air saturé d'humidité, en soufflant doucement avec la bouche grande ouverte. On voit aussitôt le voile monomoléculaire d'huile apparaître en blanc éclatant, par formation d'une buée épaisse qui tranche vivement avec la buée plus pâle, parfois absente, apparue tout autour sur le mercure libre. Le contraste est saisissant, et la révélation de la lame graisseuse absolument instantanée, malgré la minceur extrême de cette lame. On peut aussi, au lieu d'envoyer l'haleine, mettre la surface mercurielle en atmosphère saturée d'humidité, en posant au-dessus d'elle, à 3^{mm} de distance, une grande lame de verre mouillée en dessous. Dans ce cas, la buée est un peu plus tardive.

La production de cette buée est une révélation d'un très fort affaiblissement de la mouillabilité, les gouttelettes d'eau y sont globuleuses et séparées, tandis qu'elles sont plates et confluentes sur le mercure libre. J'ai du reste démontré depuis longtemps qu'il suffit d'une assise simple de molécules, même séparées, sur une surface solide pour modifier complètement la mouillabilité de cette surface ([2]). L'observation actuelle démontre que cette règle s'applique aussi au mercure, c'est-à-dire à un liquide.

Généralisation. — L'intérêt de cette expérience si simple est augmenté par le fait qu'elle peut être répétée avec une multitude de substances à affinités lipoïdiques, non seulement les substances grasses et les hydrocarbures non volatils (huiles diverses, animales, végétales ou minérales); mais aussi avec des substances volatiles, liquides ou solides, telles que le camphre, dont les vapeurs adhèrent fortement à la surface du mercure, comme je l'ai montré en 1930 ([3]).

J'ai étudié particulièrement des essences diverses : géraniol, térébenthène, essence de girofle, menthol, thymol; le parfum des fleurs (rose, œillet, lis, sureau, tabac, jasmin, troène) ([4]) et une multitude de subs-

---

([2]) *Journ. de Phys.*, série VI, 4, 1923, p. 295 à 309.

([3]) *Bull. Soc. Franç. de Phys.*, n° 290, 1930, p. 52 S.

([4]) *Bull. Soc. Franç. de Phys.*, n° 406, 18 juin 1937, p. 85 S. Voir aussi l'article paru dans *La Nature*, n° 3011, 15 octobre 1937, p. 380, où sont publiées les photographies de buées révélant des lames monomoléculaires d'huile et de parfums de rose et de lis.

tances prises au hasard d'une collection : alcool heptylique, phénol, acide picrique, paradichlorobenzène, acide benzoïque, β-naphtol, anthracène, retène, résorcine, salol, naphtylamine; divers acides gras (acide myristique, laurique, stéarique, cérotique, etc.). La saponine, l'oléate de soude, le stéarate de soude, le terpène ne s'étendent qu'au moment où l'on envoie la vapeur d'eau, c'est-à-dire une fois dissous, et cependant la lame produite prend la buée comme les précédentes qui sont toutes plus ou moins volatiles et s'étendent à sec.

L'expérience est particulièrement intéressante quand elle est effectuée avec des substances de volatilité tellement faible qu'elle est difficile à percevoir, telles que l'acide picrique ou le biiodure de mercure, ou aussi l'acide stéarique et l'acide cérotique. Quelques menus grains de ces corps, répandus sur le mercure, s'agitent vivement à la façon du camphre et donnent un voile qui garnit bientôt complètement la surface et arrête les mouvements. Si le grain est petit (moins d'un dixième de millimètre de diamètre, on peut assister à son extinction complète), ce qui exclut la supposition que les mouvements soient dus à des impuretés.

Dans tous ces cas, l'envoi de vapeur d'eau montre l'émission centrifuge de la susbtance en une lame prenant une buée très marquée, où les mouvements des particules sont inscrits par de délicates stries révélant des variations locales de la constitution de cette buée.

La puissante attraction superficielle du mercure. — Quelle que soit, du reste, la substance qui s'étend ainsi, c'est la puissance attractive propre au mercure qui est la cause déterminante de l'extension. Le fait est particulièrement frappant avec les substances extrêmement peu volatiles, telles que le biiodure de mercure, l'acide picrique, ou les acides gras supérieurs. Pour ceux-ci (acide stéarique, acide cérotique) la volatilité à froid de la substance est impossible à révéler, sauf par la légère odeur qu'elle émet.

Il est, d'autre part, intéressant de noter que, dans le cas des substances nettement volatiles, telles que le camphre, le phénol, le thymol, le géraniol, dont l'extension est très facile sur le mercure, c'est encore la puissance attractive qui les retient une fois qu'elles sont étendues. L'adhérence qu'elles subissent alors diminue leur volatilité dans des proportions considérables (camphre) ([5]) et l'annulent complètement pour quelques substances (phénol, thymol). Dans ce dernier cas, il y a peut-être une véritable combinaison de la substance avec le mercure.

([5]) *Journ. de Phys.*, 6e série, 4, 1923, p. 295 à 309.

Le mercure est donc un liquide de choix pour étendre et retenir une multitude de substances lipoïdiques.

Il en est de même, du reste, pour la plupart des substances hydrophiles, le mercure est très puissant pour les étendre et les retenir, soit à l'état libre (SO^4H^2, glycérine), soit à l'état dissous (acides, sels, sucres, etc.). Mais cette catégorie importante, qui ne donne pas de buée ou seulement une buée fugitive, mérite une étude spéciale.

CORRESPONDANCE.

M[mes] **Henriette Alimen**, **Simonne Caillère**, **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa**, **Éliane Le Breton**, **Dagmare Weinberg**;

MM. le président de l'**Association de la Presse de l'Institut et des Sociétés savantes**, **Raymond Benoist**, **Joseph Bethenod**, **Paul Boquet**, **Maurice Bouly de Lesdain**, **Roger Brard**, **Étienne Bruzon**, le R. P. **Maurice Burgaud**, **Émile Césari**, **Paul Chabanaud**, **Marius Chadefaud**, **Émile Chemin**, **Georges Darmois**, **Bernard Decaux**, l'Abbé **Gaston Delépine**, **Maurice Doladilhe**, **Paul Dorveaux**, **Marcel Fouché**, **Michel Giacobini**, **Stanislas Goldsztaub**, **Gaston Gros**, **Jean Hüe de la Colombe**, **Charles Joyeux**, **Robert Kühner**, **Jean Lagrula**, **Paul Laîné**, **Henri Legrand**, **Raoul Lecoq**, **Jean Leray**, **Paul Lévy**, **René Lucas**, **Lucien Malavard**, **André Marchaud**, **Marcel Moine**, **Jacques Parrod**, **Marius Picon**, **Gaston Ramon**, **Gilbert Ransson**, **Roger Renaud**, **Paul Rémy**, **Raymond Rivoire**, **Jean Roche**, **Henri Roure**, **Claudius Roux**, **Eugène Saint-Jacques**, **Michel Salmon**, **Justin Savornin**, **Lazare Silberstien**, **Paul Soleillet**, **André Tournade**, **Étienne Vassy**, **Jean Vague**, **Gustave Vavon**, **Jacques Vialle**, **Jean Vignal**, **Cornelis de Waard**, **Michel Weinberg** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M[me] **Rose Bonnet-Sainturier**;

MM. **Daniel Bouthier**, **Georges Brooks**, l'Abbé **Zéphirin Carrière**, le Secrétaire du **Comité de Physique du Globe des Colonies**, **Alexandre Dauvillier**, **Henri Erhart**, **Henri Gaussen**, **Léon Guillet** fils, le Directeur de l'**Institut national agronomique**, **Édouard Legé**, **Casimir Monteil**, **Louis Nattan-Larrier**, le Président de la **Société d'encouragement pour**

L'INDUSTRIE NATIONALE, **Eugène Wollman** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

ALGÈBRE. — *Rectification à ma Note* Définition de certains anneaux non commutatifs. Classification des extensions primitives des corps à valuation discrète. Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans la partie II de ma Note précédente (1), je m'étais servi, pour établir certaines définitions et démontrer certains résultats, d'une proposition que je croyais démontrée par M. Teichmüller. Or M. Teichmüller me fait connaître par une lettre qu'il n'avait démontré cette proposition que dans un cas particulier et me communique des contre-exemples qui prouvent qu'elle n'est pas exacte dans des hypothèses aussi générales que celles de ma Note. Pourtant, cette proposition reste valable dans des cas assez larges, en particulier dans celui où $\mathfrak{O}/\mathfrak{o}$ est séparable et dans celui où K/k n'est pas ramifié, et pour ces cas, les définitions et les résultats de ma Note subsistent intégralement.

Mais aussi, dans le cas général, je n'employais la proposition que je croyais être due à M. Feichmüller que pour séparer les phénomènes dus à la non-séparabilité de $\mathfrak{O}/\mathfrak{o}$ de ceux dus à la ramification de l'idéal $\mathfrak{p}$ de k dans K. Une telle séparation (du point de vue de la théorie exposée dans ma Note) ne peut pas être réalisée dans le cas le plus général, mais, cependant, l'essentiel des résultats de ma Note subsiste. Il faut pour cela modifier comme il suit les définitions et les résultats :

Conservons la notation de ma Note citée. Précisons (ce que j'avais négligé de faire explicitement dans ma Note) que K/k est séparable. Soit $\sigma \in G_{K/k}$. Posons

$$v'(\sigma) = \min[\omega(\sigma\alpha - \alpha)] \; [\alpha \in K, \; \omega(\alpha) \geqq 0],$$

$$v''(\sigma) = \max[\omega(\sigma\alpha - \alpha)] - 1 \; [\alpha \in K, \; \omega(\alpha) = 1], \qquad v(\sigma) = \min[v'(\sigma), \; v''(\sigma)].$$

On peut prouver qu'il existe un nombre $\rho \in K$, $\omega(\rho) = 0$, tel que $\omega(\sigma\rho - \rho) = v'(\sigma)$, si $v'(\sigma) \leqq v''(\sigma)$; et que, pour tout $\pi \in K$ tel que $\omega(\pi) = 1$, on a $\omega(\sigma\pi - \pi) - 1 = v''(\sigma)$, si $v''(\sigma) \leqq v'(\sigma)$.

Ceci posé, soient $v_1 < v_2 < \ldots < v_{m-1} < v_m = +\infty$ toutes les valeurs

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 772-775.

positives prises par $v(\sigma)$ quand σ parcourt $G_{K/k}$. Posons, de plus, $v_{-1} = 0$. Désignons par $\overset{(q)}{V'}(q = -1, 0, \ldots, m)$ l'ensemble de tous les $\sigma \in G_{K/k}$, tels que $v(\sigma) \geqq v_q$; et désignons par $\overset{(q)}{V''}$ l'ensemble de tous les $\sigma \in G_{K/k}$, tels que $v(\sigma) \geqq v_q$ et $v'(\sigma) > v_q$. Soient n'_q, n''_q les nombres d'éléments des $\overset{(q)}{V'}$, $\overset{(q)}{V''}$.

On peut prouver que le dénominateur de $n'_{q+1} v_q$ est premier à p.

Soit ψ_q le plus petit nombre ψ tel que $n'_{q+1} v_q (p^\psi - 1)$ soit entier.

Soit $\sigma \in \overset{(q)}{V'}(q \geqq 0)$. Désignons par M'_q l'ensemble de toutes les classes de restes contenant un $(\sigma\rho - \rho) : \pi^{v_q}$ [pour un $\pi \in K$, $\omega(\pi) = 1$, fixe]. On peut montrer que M'_q est un module d'espèce (O, ψ_q). Soit $\sigma \in \overset{(q)}{V''}_{(q \geqq 0)}$, et soit π un nombre de K, tel que $\omega(\pi) = 1$. Soit M''_q l'ensemble de toutes les classes de restes contenant un $(\sigma\pi - \pi) : \pi^{1+v_q}$. M''_q est aussi un module du type (O, ψ_q).

THÉORÈME I. — *Pour tout* $q = -1, 0, 1, \ldots, m-1$ *il existe un corps* K'_q *et un corps* K''_q, *tels que* $G_{K/K'_q} = \overset{(q)}{V'}$ *et* $G_{K/K''_q} = \overset{(q)}{V''}$ (d'ailleurs, K'_m existe aussi et est K). $K'_{-1} = k$. K''_{-1}/k *n'est pas ramifié, son corps de restes est* O^*/o, *et* $(K''_{-1} : k) = (O^* : o)$. K'_0/K''_{-1} *est complètement ramifié et* $(K'_0 : K''_{-1})$ *est premier à p. Si* $O \leqq q < m$, $(K''_q : K'_q)$ *est égal au nombre d'éléments de* M'_q, *et* $(K'_{q+1} : K''_q)$ *à celui de* M''_q; $(K''_q : K'_q)$ *et* $(K'_{q+1} : K''_q)$ *sont puissances de* p^{ψ_q}, *et les corps des restes des* K''_q/K'_q *et* K'_{q+1}/K''_q *sont complètement non séparables. Si* O/o *est séparable, pour tout* $q \geqq 0$, *on a* $K'_q = K''_q$ (on notera alors ce corps K_q).

THÉORÈME II. — *Une extension (séparable)* K/k *est primitive si, et seulement si elle se trouve dans un des cas suivants :* 1° $K = K''_{-1}$ *et* $O/o = O^*/o$ *est une extension primitive*; 2° $K = K'_0$, $K''_{-1} = k$ *et* $(K : k)$ *est premier (manifestement autre que* p); 3° $K = K'_1$, $K'_0 = k$ *et* $K''_0 = K$ *et* M'_0 *est simple ou* $K''_0 = k$ *et* M''_0 *est simple. Alors* $(K : k)$ *est une puissance de* p.

Dans le cas 1°, K/k n'est pas ramifié et O/o est séparable. Dans le cas 2°, K/k est complètement ramifié. Dans le cas 3°, O/o est complètement non séparable si $O \neq o$.

Si K est une extension non séparable de k, K/k est primitive si, et seulement si $(K : k) = p$. Alors K/k est complètement non séparable et ou bien O/o l'est aussi, ou bien K/k est complètement ramifié. Dans le théorème IV de ma Note citée, il faut remplacer l'hypothèse $K_{-1} = k$ par l'hypothèse que K/k *est complètement ramifié* (on n'a pas besoin, d'ailleurs, de le supposer séparable). D'ailleurs, si O est engendré par l'adjonction d'un champ de Galois à o, le théorème reste vrai sans faire cette hypothèse.

ALGÈBRE. — *Propriétés algébriques des relations d'équivalence; théorèmes de Schreier et de Jordan-Hölder.* Note de M. **Paul Dubreil** et de Mme **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Considérons un ensemble abstrait E. Nous y choisissons une fois pour toutes un élément u (*élément distingué*), et nous associons à E un ensemble M de sous-ensembles F de E et un ensemble S de structures Σ satisfaisant aux conditions suivantes :

a. $E \in M$; $\{u\} \in M$; si $F \in M$, on a $\{u\} \subset F$.

b. à tout élément F de M est associée une structure Σ_F et une seule, constituée par des relations d'équivalence définies dans F et comprenant en particulier l'égalité et l'équivalence absolue; S est l'ensemble des structures Σ_F. $\mathcal{R}$ étant une relation d'équivalence de Σ_F, appelons *classe distinguée* la classe, définie par $\mathcal{R}$, à laquelle appartient u.

c. M contient, en même temps que F, toute classe distinguée par rapport à une relation d'équivalence de Σ_F.

d. une relation $\mathcal{R}_1$ de Σ_F, consécutive (¹) à une relation $\mathcal{R}_2$ de la même structure, appartient, si on la considère comme relation d'équivalence dans la classe distinguée F_2 relative à $\mathcal{R}_2$, à la structure Σ_{F_2}.

Les relations d'équivalence appartenant aux différentes structures Σ_F seront dites *régulières*.

2. Nous appellerons *suite normale* une double suite, de *longueur* finie l, d'ensembles $E_i \in M$ et de relations d'équivalence régulières $\mathcal{R}_i$:

$$(A) \qquad E \underset{\mathcal{R}_1}{\supset} E_1 \underset{\mathcal{R}_2}{\supset} \ldots \supset E_{i-1} \underset{\mathcal{R}_i}{\supset} E_i \supset \ldots \underset{\mathcal{R}_l = \mathcal{R}_0}{\supset} E_l = \{u\}$$

telle que $\mathcal{R}_i$ appartienne à $\Sigma_{F_{i-1}}$ et que E_i soit la classe distinguée définie par $\mathcal{R}_i$; $\mathcal{R}_l = \mathcal{R}_0$ est l'égalité dans E_{l-1}.

Deux suites normales (A) et (A′) sont dites isomorphes : $(A) \simeq (A')$ si elles ont même longueur $l = l'$, et si les ensembles quotients $E_i/\mathcal{R}_{i+1}$, $E'_j/\mathcal{R}'_{j+1}$ convenablement associés, sont deux à deux isomorphes, c'est-à-dire s'il existe entre leurs éléments une correspondance biunivoque *dans laquelle les classes distinguées se correspondent*. Cette dernière condition est satisfaite dans toute relation d'isomorphisme fournie par le second théorème d'isomorphisme. La condition *d* permet de définir sans difficulté les suites

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 704.

normales *subdivisions* d'une suite normale donnée, et l'on a la propriété suivante :

Si (A_1) *est une subdivision de* (A), *toute suite normale* (A') *isomorphe à* (A) *possède une subdivision* (A'_1) *isomorphe à* (A_1).

3. Nous considérons maintenant pour chaque structure Σ_F, un sous-ensemble $\mathcal{F}_F$ de Σ_F, qui n'est pas nécessairement une structure, qui comprend l'égalité et l'équivalence absolue et satisfait aux conditions suivantes :

α. $\mathcal{F}_F$ contient, en même temps que deux relations d'équivalence, leur *intersection ;*

β. Il existe dans $\mathcal{F}_F$ un sous-ensemble de relations d'équivalence, appelées *relations fondamentales*, associables entre elles et avec toute relation de $\mathcal{F}_F$; l'équivalence absolue et l'égalité sont fondamentales;

γ. Si une relation $\mathcal{R}_1$ de $\mathcal{F}_F$ (fondamentale dans $\mathcal{F}_F$) est consécutive à une relation $\mathcal{R}_2$ de Σ_F, cette relation, considérée dans la classe distinguée F_2 définie par $\mathcal{R}_2$, appartient à $\mathcal{F}_{F_2}$ (est fondamentale dans $\mathcal{F}_{F_2}$).

Appelons *suite fondamentale* une suite normale dans laquelle toute relation est fondamentale. Le théorème suivant généralise le théorème de Schreier :

Théorème I. — *Deux suites fondamentales*

$$(A) \qquad E \underset{\mathcal{R}_1}{\supset} E_1 \underset{\mathcal{R}_2}{\supset} \ldots \underset{\mathcal{R}_l}{\supset} E_l = \{u\},$$

$$(B) \qquad E \underset{\mathcal{R}'_1}{\supset} E'_1 \underset{\mathcal{R}'_2}{\supset} \ldots \underset{\mathcal{R}'_{l'}}{\supset} E'_{l'} = \{u\}$$

admettent des subdivisions isomorphes (A') *et* (B') (qui ne sont pas nécessairement fondamentales).

Dans la démonstration de ce théorème, on doit d'abord examiner à part le cas où l'une des suites est de longueur 2 :

$$(B) \qquad E \underset{\mathcal{R}'_1}{\supset} E'_1 \underset{\mathcal{R}'_2}{\supset} E'_2 = \{u\},$$

et mettre en évidence une propriété remarquable : *chacune des l relations d'équivalence introduites dans* (B) *après* E'_1, *dans le passage de* (B) *à* (B'), *appartient à un ensemble* $\mathcal{F}$. Cette propriété permet d'établir ensuite le théorème dans le cas général.

4. Appelons *suite de composition* une suite normale n'admettant aucune répétition, et telle que toute subdivision de cette suite admette au moins une répétition. Du théorème I résulte le théorème suivant, qui généralise le théorème de Jordan-Hölder :

THÉORÈME II. — *Deux suites de composition fondamentales (s'il en existe) sont isomorphes.*

5. *L'existence de suites de composition* est assurée dans l'ensemble E si celui-ci satisfait aux conditions suivantes :

A. *Condition maximale :* dans tout sous-ensemble N d'une structure Σ_F quelconque, il existe au moins une relation d'équivalence *maximale*, c'est-à-dire qui n'est consécutive à aucune autre relation de N.

B. *Condition minimale :* dans tout sous-ensemble M′ de M, il existe au moins un ensemble F qui est *minimal*, c'est-à-dire qui ne contient aucun autre élément de M′.

THÉORÈME III. — *Dans un ensemble* E *satisfaisant aux conditions maximale et minimale, deux suites fondamentales admettent comme subdivisions deux suites de composition isomorphes.*

On peut d'ailleurs formuler une condition supplémentaire qui, adjointe à la condition maximale, entraîne, avec la condition minimale, l'existence de suites de composition fondamentales.

GÉOMÉTRIE. — *La définition analytique de l'égalité en géométrie.* Note de M. J. LE ROUX, présentée par M. Gaston Julia.

Le rôle important que joue, en géométrie et en mécanique, la théorie des groupes de transformations de Lie, donne de l'intérêt au perfectionnement des méthodes qui permettent de faciliter la diffusion de cette théorie.

La notion de groupe s'introduit en géométrie par la définition de l'égalité des figures.

Deux figures égales doivent se correspondre point par point.

Lorsqu'on ajoute que deux figures égales à une troisième sont égales entre elles, on exprime que l'ensemble des correspondances considérées constitue un groupe.

Les groupes susceptibles de représenter l'égalité des figures satisfont à des conditions énoncées par Lie (1), suivant une suggestion de Helmholtz (2) :

1° *Tout couple de points admet un invariant et un seul.* L'invariant est une fonction des coordonnées des deux points, conservant la même valeur

(1) *Theorie der Transformationsgruppen* (Dritter Abschnitt, Abtheilung V. Rap. 20, S. 399 ff.).

(2) *Gött. Nachr.*, 1868, S. 197 ff.

quand on remplace ces points par leurs correspondants. On ne considère pas comme différents deux invariants fonction l'un de l'autre.

2° *Un système de plus de deux points n'admet pas d'autres invariants que les fonctions des invariants élémentaires obtenus en associant deux à deux les points de ce système.*

Le problème de la construction des groupes satisfaisant aux conditions de Lie se résout, sans aucune notion géométrique préalable, par voie purement analytique, le point étant défini par un ensemble de coordonnées.

La solution se trouve simplifiée par la démonstration de la proposition fondamentale suivante :

Quelles que soient les coordonnées qui servent à définir les points, il est toujours possible de trouver d'autres coordonnées par lesquelles la correspondance entre les points homologues des figures égales se ramène à la forme homographique

$$y'_k = \frac{\Sigma b_{ki} y_i}{\Sigma b_{ni} y_i}, \qquad y_n = y'_n = 1 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n-1).$$

Je définis d'abord les coordonnées multipolaires.

Prenons une base B formée d'un nombre de points $P_1, P_2, \ldots, P_n$ égal au nombre des dimensions de la géométrie considérée.

Les bases B', égales à B, devront satisfaire à la condition que l'invariant $I(P'_i P'_k)$ correspondant à deux points de B' soit égal à l'invariant homologue de B

$$(1) \qquad I(P'_i, P'_k) = I(P_i P_k).$$

Le nombre de ces relations est $n(n-1)/2$; celui des coordonnées de B' est n^2; l'ensemble des bases B' dépend donc de $n(n+1)/2$ paramètres arbitraires.

A la base B adjoignons un point M et à l'une des bases B' un point M', tel que les deux figures (B, M) et (B', M') soient égales. On aura les n relations

$$(2) \qquad I(M', P'_i) = I(M, P_i).$$

Si les points P_i ont été convenablement choisis, on pourra, au moins dans un domaine suffisamment restreint, déduire de ces relations les coordonnées de M' en fonction de celles de M et des paramètres arbitraires qui définissent B'

$$(3) \qquad x'_i = f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n;\, a_1, a_2, \ldots, a_\nu) \qquad \left[\nu = \frac{n(n+1)}{2}\right].$$

Je donne le nom de coordonnées multipolaires aux fonctions $I(M, P_i)$.

Dans le groupe G ainsi défini, considérons le sous-groupe G′ formé par les transformations qui laissent un point général P_0 en coïncidence avec son homologue P'_0. Ce sous-groupe ne dépend que de $n(n-1)/2$ paramètres.

On a alors

$$I(M, P_0) = I(M', P_0). \tag{4}$$

On en conclut que le sous-groupe G′ ne s'applique en réalité qu'à $n-1$ variables.

Prenons maintenant des bases infiniment petites B et B′, formées de points voisins de P_0. Tenant compte de l'équation (4), je remplace l'équation (2) par la suivante

$$I(M', P'_i) - I(M' P_0) = I(M, P_i) - I(M, P_0). \tag{5}$$

Désignons par $e_1, e_2, \ldots, e_n$, les coordonnées de P_0, et écrivons simplement I et I′ au lieu de $I(M, P_0)$, $I(M', P_0)$.

L'équation (5) se ramènera, à la limite, à la forme

$$\sum h'_{ik} \frac{\partial I'}{\partial e_k} = \sum h_{ik} \frac{\partial I}{\partial e_k}. \tag{6}$$

Les dérivées partielles $\partial I/\partial e_k$ et $\partial I'/\partial e_k$ constituent un nouveau système de coordonnées liées par n relations linéaires et homogènes. On peut en déduire les $\partial I'/\partial e_k$ en fonction linéaire et homogène des $\partial I/\partial e_k$. Si l'on remplaçait l'invariant I par un autre invariant J, fonction de I, toutes ces quantités seraient multipliées par un même facteur. Le rapport de deux d'entre elles ne serait pas modifié. On posera par exemple,

$$\frac{\partial I}{\partial e_k} : \frac{\partial I}{\partial e_n} = y_k, \qquad \frac{\partial I'}{\partial e_k} : \frac{\partial I'}{\partial e_n} = y'_k,$$

et l'on obtient enfin les coordonnées à transformations homographiques. Les n coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_n$ d'un point M se trouvent définies si l'on connaît les $n-1$ coordonnées $y_1, y_2, \ldots, y_{n-1}$, jointes à la relation $I(M, P_0) = \text{const.}$

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *La base géométrique du théorème de M. Mandelbrojt sur les points singuliers d'une fonction analytique*. Note de M. **R. de Misès**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le théorème si important de M. Mandelbrojt sur les points singuliers d'une fonction analytique [1] repose sur un simple fait géométrique que

[1] *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1456.

l'on peut établir indépendamment de toute notion empruntée à la théorie des fonctions. Il s'agit d'une propriété générale des ensembles fermés de points, dans l'espace à n dimensions [2], et, pour l'appliquer, il suffit de savoir que les points singuliers d'une fonction analytique forment un ensemble fermé avec $n = 2$.

Théorème. — *Soient* (P) *un ensemble fermé de points* P *et* R(M) *le rayon de la plus grande sphère dont le centre est* M *et à laquelle nul point de* (P) *n'est intérieur. En tout point où* $R(M) \neq 0$, *la dérivée première de* R(M) *dans toute direction* MX *existe et est égale à* $-\cos\varphi$, *si* φ *désigne le plus petit angle* PMX *pour un* P *qui se trouve sur la sphère de centre* M *et de rayon* R. [En d'autres termes : sur cette sphère, φ est le rayon sphérique de la plus grande calotte dont l'axe est MX et à laquelle nul point de (P) n'est intérieur.]

Sur toute sphère R(M) se trouve au moins un point de (P). Si P_1 est un tel point, nous dirons que M est *attaché à* P_1. L'ensemble de points attachés à un point isolé P_1 est un domaine convexe dont les points frontière se trouvent sur certains plans bissecteurs entre P_1 et d'autres points de (P). Si M est un point *intérieur* d'un tel domaine, il faut que P_1 soit le seul point auquel M est attaché, et, en ce cas, R(M) est dérivable au sens ordinaire : le gradient de R(M) possède la valeur 1 et la direction P_1M, de sorte que la dérivée en direction MX est $-\cos P_1MX$. Si un segment MM_1 de la droite MX seulement appartient au domaine, on a encore une dérivée égale à $-\cos P_1MX$, et l'on voit facilement que la calotte dont l'axe est MX et dont le bord est formé par le cercle passant par P_1 ne contient dans son intérieur nul point de (P). Donc aucune difficulté autant que tous les points de (P) sont isolés.

Prenons maintenant M pour origine d'un système de coordonnées, MX pour axe des x et posons $R(M) = R_0$. Un point quelconque de l'espace sera caractérisé par son abscisse x et sa distance r à l'origine. Si M est attaché à $P_0(x_0, R_0)$, un point $M_1(h, h)$ situé sur la droite MX ne pourra être attaché à un point $P(x_1, r_1)$ extérieur à la sphère

$$(1) \qquad \frac{r^2 - R_0^2}{2(x - x_0)} = h$$

---

(2) M. Hadamard a bien voulu m'indiquer que M. Bouligand, dans son *Introduction à la géométrie infinitésimale directe*, nos 92-93, et plus tard à la Société Royale des Sciences de Liége en 1933, s'est occupé du même problème, mais sans parvenir au résultat définitif déduit ci-dessus.

dont le centre est M_1 et qui passe par P_0. D'où, pour x_1, r_1, les inégalités

$$(2) \qquad x_1 - x_0 \geqq 0, \qquad r_1 - R_0 \geqq 0, \qquad 0 \leqq \frac{r_1^2 - R_0^2}{2(x - x_0)} \leqq h.$$

Supposons maintenant qu'aucun point de (P) ne remplisse les conditions $r = R_0$ et $x > x_0$. Il s'ensuit, en vertu de l'hypothèse que (P) soit fermé, que, pour tout ε positif, on peut trouver un δ tel que nul point de (P) ne satisfait simultanément à $x_1 - x_0 > \varepsilon$ et à la dernière des inégalités (2) avec un $h < \delta$. Donc, si M_1 tend vers M, c'est-à-dire si h tend vers zéro, l'abscisse de tous les points P_1 auxquels M_1 est attaché tend vers x_0 et, par conséquent, l'angle P_1MX vers l'angle P_0MX et le rayon $\overline{M_1P_1} = R_1$ vers $\overline{MP_0} = R_0$. Tout triangle MM_1P_1 donne $n_1^2 = r_1^2 - h^2 - 2hR_1 \cos P_1M_1O$, d'où

$$(3) \qquad \frac{R_1 - R_0}{h} = \frac{1}{R_1 + R_0}\left[\frac{r_1^2 - R_0^2}{h} - h - rR_1 \cos P_1M_1X\right].$$

Le premier terme entre crochets est positif et inférieur à $2(x_1 - x_0)$, vu la dernière inégalité (2). Donc, le deuxième membre de (3) tend vers $-\cos P_0MX$. C. Q. F. D.

Remarque. — On arrive au même résultat si l'on remplace dans l'énoncé du théorème la plus grande sphère à laquelle nul P n'est intérieur, par la plus petite à laquelle aucun point de (P) n'est extérieur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE ET CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certaines solutions de l'équation de Chapman.* Note de M. **Paul Lévy.**

On peut obtenir des solutions de l'équation de Chapman par un procédé simple qui semble n'avoir pas encore été signalé. Si une fonction $f(x, s, t)$ est sommable en x sur tout l'axe réel, et si l'on a presque partout

$$(1) \qquad f(x, s, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(y, s, u) f(x - y, u, t)\, dy \qquad (s < u < t),$$

la série

$$(2) \qquad \varphi(x, s, t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} f(x + n, s, t)$$

est presque partout convergente, et vérifie presque partout l'équation

$$(3) \qquad \varphi(x, s, t) = \int_0^1 \varphi(y, s, u)\, \varphi(x - y, u, t)\, dy \qquad (s < u < t),$$

de sorte que $\varphi(x - y, s, t)$ est solution de l'équation de Chapman.

Un cas important est celui où $f(x, s, t)$ est la densité de probabilité relative à une variable aléatoire, fonction de s et t, qui, d'après (1), est alors de la forme $X(t) - X(s)$, $X(t)$ étant une fonction de t à accroissements aléatoires indépendants. Si $\xi(t)$ est une variable définie par rapport au module un (ou, si l'on préfère, une abscisse curviligne sur une courbe fermée C de longueur unité) et dont une des valeurs est $X(t)$, $\varphi(x, s, t)$ est la densité de probabilité relative à $\xi(t) - \xi(s)$. Le passage de (1) à (3) a ainsi une signification bien claire [1].

Généralisons le problème, en supposant les variables $X(t) - X(s)$ et $\xi(t) - \xi(s)$ définies par leurs fonctions de répartition, qui peuvent n'être pas absolument continues; les formules (1) à (3) sont alors remplacées par des formules de formes bien connues, que nous noterons (1′), (2′) et (3′), où figurent ces fonctions.

L'expression générale d'une fonction $X(t)$ à accroissements aléatoires indépendants est bien connue. Il peut arriver que toutes les valeurs possibles de $X(t)$ soient entières; soit $N(t)$ une telle expression. $X(t) + N(t)$ ayant même partie fractionnaire que $X(t)$, une infinité de solutions de (1′) peuvent conduire à la même solution de (3′); de même pour (1) et (3). Pour obtenir toutes les solutions de (1′) conduisant à une même solution de (3′), il faut observer que $X(t)$ et $N(t)$ peuvent n'être pas indépendants; d'une part les points de discontinuité mobiles de ces deux quantités peuvent ne pas être indépendants; d'autre part pour tout point de discontinuité (fixe ou mobile) commun à $X(t)$ et $N(t)$, on peut établir entre les accroissements de ces deux expressions une corrélation absolument quelconque. C'est donc seulement si $X(t)$ ne comprend qu'un terme non aléatoire et un terme gaussien que $N(t)$ est nécessairement indépendant de $X(t)$.

Il est d'autre part possible qu'une fonction de répartition, solution de (3′), ne puisse pas être déduite par (2′) d'une fonction de répartition de (1′). Il peut en effet arriver que, s et t variant dans certains intervalles i, i', ... (tous les deux dans le même intervalle), $\xi(t) - \xi(s)$ corresponde à une

---

[1] Tant pour (1) que pour (3), la multiplication des solutions qui sont des densités de probabilité par un facteur de la forme $k(s)/k(t)$ $[k > 0]$ donne les solutions non négatives, et ne s'annulant sur tout l'axe des x pour aucun système de valeurs de s et t les plus générales. Il est même facile d'en déduire toutes les solutions non négatives.

La solution la plus simple de (1) s'obtient en prenant pour $X(t)$ une variable gaussienne. Il est intéressant de comparer la solution de (3) qui s'en déduit à celle considérée par MM. Volterra et Hostinsky aux pages 205-209 de leur récent Livre *Les opérations infinitésimales linéaires*.

répartition uniforme de la probabilité sur C, et que pour d'autres intervalles i_p, i'_p, ... ($p=2, 3, \ldots$), $\xi(t)-\xi(s)$ soit nécessairement multiple de $1/p$, les p valeurs possibles étant également probables. S'il existe au moins un tel intervalle (i ou i_p) non réduit à un point, ou une infinité d'intervalles réduits chacun à un point τ ($\tau-0$ et $\tau+0$ devant alors être distingués) et tels que les valeurs de τ ne forment pas une suite indéfiniment croissante, $\xi(t)$ ne peut pas être considéré comme la partie fractionnaire d'une expression $X(t)$ à accroissements aléatoires indépendants, et cette conclusion s'applique aussi à $\xi(t)+\eta(t)$, si $\eta(t)$ est la partie fractionnaire d'une expression $Y(t)$ à accroissements aléatoires indépendants.

Pour revenir aux formules (1) à (3), il n'y a qu'à observer que les conditions nécessaires et suffisantes pour que $X(t)-X(s)$ dépende d'une loi absolument continue sont les suivantes : pour tout point de discontinuité fixe, l'accroissement de $X(t)$ doit dépendre d'une telle loi. Si $X(t)-X(s)$ ne comprend ni discontinuité fixe ni terme gaussien, il faut qu'il existe avec une probabilité positive, entre s et t, des discontinuités mobiles, et que la fonction de répartition dont dépend l'accroissement de $X(t)$ pour ces points n'ait pas presque partout une dérivée nulle. Pour obtenir ainsi une solution de (1), il faut et il suffit que ces conditions soient réalisées pour n'importe quel intervalle (s, t).

Observons d'autre part que la formule (1), excluant l'hypothèse que $X(t)-X(s)$ n'ait qu'une valeur possible, implique l'augmentation constante de la dispersion de $X(t)$; $f(x, s, t)$ varie toujours effectivement avec s et t (au moins sur certaines parties de l'axe des x). Les équations (1'), (3) et (3') peuvent au contraire avoir des solutions non négatives indépendantes de s et t [2].

---

[2] Pour (3) la solution la plus générale, indépendante de s et t, est $\Sigma a_n e^{inx}$, un nombre fini de coefficients a_n étant égaux à 1, et les autres étant nuls; la seule solution réelle non négative et non identiquement nulle est 1. Pour (1), on a aussi des solutions indépendantes de s et t qui sont les transformées de Fourier de fonctions toujours égales à zéro ou un; elles peuvent être réelles; mais elles ne peuvent pas être non négatives sur tout l'axe des x et non identiquement nulles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un problème sur les lignes asymptotiques et la méthode de l'intégration logique des équations différentielles de M. Jules Drach.* Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch.**

Soit une surface d'équation

$$z = f_0(x)y^3 + f_1(x)y^2 + f_2(x)y + f_3(x) \qquad (f_0 \neq 0). \tag{1}$$

L'équation différentielle des asymptotiques sur cette surface sera une équation de la forme

$$A\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + 2By\frac{dy}{dx} + Cy^2 + 2D\frac{dy}{dx} + 2Ey + F = 0, \tag{2}$$

où (¹)

$$\left\{\begin{array}{l} A = 1, \qquad B = \frac{1}{2}\frac{f_0'}{f_0}, \qquad C = \frac{1}{6}\frac{f_0''}{f_0}, \qquad D = \frac{1}{6}\frac{1}{f_0}\left(2f_1' - \frac{f_0'}{f_0}f_1\right), \\ E = \frac{1}{12}\frac{1}{f_0}\left(f_1'' - \frac{1}{3}\frac{f_0''}{f_0}f_1\right), \qquad F = \frac{1}{6}\frac{1}{f_0}\left[f_2'' - \frac{1}{3}\frac{f_1}{f_0}\left(f_1'' - \frac{1}{3}\frac{f_0''}{f_0}f_1\right)\right], \end{array}\right. \tag{3}$$

toutes les fois que

$$3f_0^2f_2' - 2f_0f_1f_1' + f_1^2f_0' = 0, \tag{4}$$

$$27f_0^3f_3'' - 9f_0^2f_1f_2'' + 3f_0f_1^2f_1'' - f_1^3f_0'' = 0. \tag{5}$$

Nous avons montré (²) que l'équation (2), dont les coefficients A, B, C, D, E, F peuvent être des fonctions arbitraires de x, se ramène à

$$\frac{d\lambda}{dx} = \frac{M\lambda^3 + N\lambda^2 + P\lambda}{\lambda^2 + Q} \tag{6}$$

à l'aide de la transformation

$$y = \frac{\lambda^2 - (b - b_1)\lambda + c}{(a - a_1)\lambda},$$

où l'on a posé

$$\Delta = B^2 - AC \neq 0, \qquad a = \frac{B + \sqrt{\Delta}}{A}, \qquad a_1 = \frac{B - \sqrt{\Delta}}{A},$$

$$b = \frac{D\sqrt{\Delta} + BD - AE}{A\sqrt{\Delta}}, \qquad b_1 = \frac{D\sqrt{\Delta} - BD + AE}{A\sqrt{\Delta}},$$

(¹) Les lettres accentuées désigneront, dans ce qui suit, les dérivées prises par rapport à x.

(²) *Publications mathématiques de l'Université de Belgrade*, 5, 1936, p. 10-22.

et

$$c = -\frac{1}{\Delta A}\begin{vmatrix} A & B & D \\ B & C & E \\ D & E & F \end{vmatrix};$$

$$\begin{aligned} M &= [\log(a - a_1)]' - a_1, \\ N &= b' - b'_1 - (ab_1 - a_1 b) - (b - b_1)[\log(a - a_1)]', \\ P &= c[\log(a - a_1)]' - ac - c', \\ Q &= -c. \end{aligned}$$

Si l'on suppose que $N = 0$, l'équation (6) prend la forme

$$\frac{dz}{dx} = \frac{2Mz^2 + 2Pz}{z + Q} \qquad (z = \lambda^2);$$

cette équation peut être transformée ([3]) en équation différentielle des géodésiques des surfaces spirales, à savoir

$$\left(\frac{dY}{dX}\right)^2 + Y^2 = \Phi(X).$$

Nous avons récemment fait voir ([4]) qu'on peut former tous les cas où la dernière équation peut s'intégrer complètement par des quadratures, que l'on doit à la méthode de l'intégration logique des équations différentielles de M. Jules Drach.

En formant le coefficient N d'après les expressions (3), on voit que l'équation $N = 0$ s'écrit

$$\frac{d^3 f_1}{dx^3} + \alpha_1 \frac{d^2 f_1}{dx^2} + \alpha_2 \frac{df_1}{dx} + \alpha_3 f_1 = 0, \tag{7}$$

α_k étant des combinaisons déterminées de f_0 et de ses dérivées.

Il s'ensuit des relations (4), (5) et (7) que tous les coefficients figurant dans l'équation (1) peuvent être déterminés en fonction du coefficient f_0, en intégrant au préalable l'équation différentielle linéaire de troisième ordre (7) qui définit f_1.

Or on aura la proposition suivante :

La détermination des asymptotiques sur la surface (1), *dont les coefficients* f_1, f_2, f_3 *sont des fonctions de* f_0 *définies par* (4), (5), (7), *se ramène, en dernière analyse, à l'équation différentielle de la Balistique extérieure qui est étudiée complètement par M. Jules Drach* ([5]).

([3]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1706-1708.

([4]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1194-1196.

([5]) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 37, 1920, p. 1-96.

Le problème que nous venons de traiter se rattache à un problème indiqué par M. Jules Drach ([6]) concernant les asymptotiques de surfaces générales de troisième degré.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un lien entre la théorie des équations aux dérivées partielles et celle des fonctions analytiques d'une variable.* Note de M. **Stefan Bergmann**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Cette Note fait suite à une Note antérieure ([1]) à laquelle nous renvoyons pour les notations. Pour étudier l'allure de

$$\mathfrak{U}=\int_{-1}^{+1}\mathrm{E}(z,\bar{z},t)f\left[\frac{1}{2}z(1-t^2)\right]d\tau \qquad \left(d\tau=\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\right)$$

au voisinage d'un point singulier, lorsque f est méromorphe, il suffit de considérer le cas spécial où $f=f_n=[1/2\,z(1-t^2)-\alpha]^{-n}$, $n>0$ entier. Dans le cas où E a une forme spéciale, le théorème suivant permet cette étude :

Soit $\mathrm{E}=\exp\left(\sum_{k=1}^{p}\varphi_k t^k\right)$, $\varphi_k\equiv\varphi_k(z,\bar{z})$. *Alors* $\mathfrak{U}=\int_{-1}^{+1}\mathrm{E}f_n\,d\tau$ *satisfait non seulement à* $\mathrm{L}_1=0$, *mais aussi aux deux équations différentielles*

$$(1)\qquad \mathfrak{U}^{(p'+3)}=\sum_{\varkappa=0}^{p'+2}\alpha_\varkappa(z,\bar{z})\,\mathfrak{U}^{(\varkappa)}=0\quad(p'\leqq p),\qquad \mathfrak{U}^{(\varkappa)}\equiv\frac{\partial^\varkappa\mathfrak{U}}{\partial z^\varkappa},$$

où les $\alpha_\varkappa$ *sont des fonctions rationnelles de* z, $\bar{z}$, φ_k *et d'un nombre fini de dérivées de* φ_k *et à une autre équation* (1 *a*) *avec dérivées par rapport à* $\bar{z}$.

Pour simplifier soit $n=1$. Soit $j=\mathrm{E}f_1/\sqrt{1-t^2}$. Formons l'expression

$$(2)\qquad j^{(p+3)}+\sum_{\varkappa=0}^{p+2}\alpha_\varkappa(z,\bar{z})\,j^{(\varkappa)}+\frac{d\left\{(1-t^2)^{\frac{4}{2}}\mathrm{E}(z-2\alpha-t^2z)^{-(p+3)}\sum_{\varkappa=0}^{(p+1)(p+3)}\mathrm{S}_\varkappa(z,\bar{z})\,t^\varkappa\right\}}{dt}=0$$

$$\left(j^{(\varkappa)}\equiv\frac{d^\varkappa j}{dz^\varkappa}\right).$$

et déterminons les $\alpha_\varkappa$ et $\mathrm{S}_\varkappa$ de façon que (2) soit identiquement égale à zéro.

([6]) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1458-1461.

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1198.

Mettons en facteur devant le crochet $E(1-t^2)^{-1/2}(z-2\alpha-t^2z)^{-(p+4)}$: dans le crochet, il restera un polynome en t du degré $(p+2)(p+3)$. Ses coefficients dépendent linéairement de $\alpha_\varkappa$ et $S_\varkappa$. En égalant ces coefficients à zéro, nous obtenons un système de $(p+2)(p+3)+1$ équations linéaires pour déterminer les $\alpha_\varkappa$ et $S_\varkappa$. Le coefficient de $t^{(p+2)(p+3)-k}$ pour $k=0, 1, \ldots, (p+1)(p+3)$ ne dépend que de $\alpha_\varkappa$ et de $(k+1)$ derniers S_ρ, à savoir $\rho=(p+1)(p+3)-s$, $s=0, 1, \ldots, k$. C'est pourquoi on peut successivement calculer les $S_\varkappa$ et l'on obtient un système **S** d'équations linéaires où interviennent seulement les $\alpha_\varkappa$. Si le déterminant de **S** ne s'annule pas identiquement, on peut calculer les $\alpha_\varkappa$. En appliquant à (2) l'opération $\int_{-1}^{+1}\ldots dt$, nous obtenons (1) avec $p'=p$. Si le déterminant de **S** est identiquement nul, il existe une combinaison linéaire entre les termes du système **S**, d'où (1) avec $p'<p$.

Lorsqu'on veut calculer ces équations différentielles ordinaires, il est commode de former, au lieu d'une équation, un système d'équations différentielles ordinaires. Par exemple dans le cas de $\Delta\mathfrak{U}+\mathfrak{U}=0$ où l'on a $E=\exp\left(it\sqrt{z\bar{z}}\right)$, on pose

$$\left[\frac{1}{2}z(1-t^2)-\frac{1}{2}\alpha\right]^{-1}=(z\psi)^{-1}[(t+\psi)^{-1}-(t-\psi)^{-1}], \qquad \psi=z^{-\frac{1}{2}}(z-\alpha)^{\frac{1}{2}}.$$

Pour $F=\int_{-1}^{+1}\exp\left(it\sqrt{z\bar{z}}\right)(t-\psi)^{-1}\,d\tau$ et $H=\int_{-1}^{+1}\exp\left(it\sqrt{z\bar{z}}\right)d\tau$, on a

$$4zH_{zz}+4H_z+\bar{z}H=0, \qquad -2\alpha z F_z+\left[\alpha+i\sqrt{z\bar{z}}(2z\psi_z+\psi)\right]F-4z^3\psi_z H_z=0.$$

On a même un théorème plus général (²). Il suffit de demander que E satisfasse à

$$(3) \qquad E^{(n)}=\sum_{l=0}^{n-1}R_l E^{(l)}, \qquad \frac{\partial E}{\partial t}=\sum_{l=0}^{n-1}Q_l E^{(l)}, \qquad E^{(l)}\equiv\frac{\partial^l E}{\partial z^l},$$

(²) Remarquons qu'un théorème semblable a lieu dans le cas des fonctions harmoniques à *trois* variables. Voir *Math. Ann.*, **101**, 1929, p. 534.

On peut appliquer ce théorème dans l'étude des potentiels newtoniens. Par exemple P. Boulate considère dans *Bull. de l'Inst. math. de Tomsk*, **1**, 1937, p. 305, le potentiel $F(x, y, z)=\int_0^{2\pi}\varphi(s)\,ds/R$, $R^2=x^2+(y-a\sin s)^2+(z-b\sin s)^2$, et son prolongement analytique, où $\varphi(s)$ est une fonction algébrique arbitraire. F est une fonction transcendante avec une ligne de ramification logarithmique en $x=0$, $(y/a)^2+(z/b)^2=1$. F possède la propriété suivante : il existe une suite $\mathfrak{a}^{(t)}$ $(0<t<\infty)$, de surfaces algébriques $A^{(t)}(x, y, z)=0$ et une suite de fonctions $B^{(t)}(x, y, z)$ algébriques en x, y, z et telles qu'on a sur chaque $\mathfrak{a}^{(t)}$, $F=B^{(t)}$.

où R_l et Q_l sont des polynomes en t et des fonctions algébriques en z, $\bar{z}$ et que

$$f^{(k)} + \sum_{r=1}^{k-1} \frac{f^{(r)} P_r}{V} = 0, \qquad V(0) \neq 0, \qquad f^{(r)} \equiv \frac{d^r f(w)}{dw^r},$$

où P_r et V sont des polynomes. Si entre E et f n'existe aucune relation de la forme

$$(4) \qquad \sum_r \sum_l \frac{\partial^r f\left[\frac{1}{2} z(1-t^2)\right]}{\partial z^r} \cdot \frac{\partial^l E(z, \bar{z}, t)}{\partial z^l} S_{rl}(z, \bar{z}, t) = 0,$$

où S_{rl} sont des polynomes en t d'un degré bien déterminé et fonctions algébriques en z, $\bar{z}$, alors U satisfait à (1) et α_x sont des fonctions algébriques en z, $\bar{z}$.

Étant donné $\Sigma a_{mn} z^m \bar{z}^n$, on peut constater (voir Note précédente) si f ne possède que des pôles et l'on peut calculer les modules de ces pôles.

Supposons maintenant que pour l'équation $L_1 = 0$ existe une fonction E satisfaisant à (3) telle que pour $f = (w - \alpha)^{-n}$ ($n > 0$ entier), il n'existe aucune relation de la forme (4) $\left[\text{par exemple quand } E = \exp\left(\sum_{k=1}^{p} \varphi_k t^k\right)\right]$. Dans ce cas, au voisinage de chaque pôle P de f, $\mathfrak{U}$ se décompose en deux termes $\mathfrak{U}_1$ et $\mathfrak{U}_2$ où $\mathfrak{U}_1$ est régulier au voisinage de P, tandis que $\mathfrak{U}_2$ possède un point singulier en P et satisfait à $L_1 = 0$ et à deux équations différentielles ordinaires du type (1) et (1 a).

Pour certaines équations du type hyperbolique, il existe une correspondance analogue, les $f_k(w)$ étant des fonctions d'une variable réelle w.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorème général sur les singularités périphériques des séries de Dirichlet.* Note de M. **Carlos Biggeri**, présentée par M. Émile Borel.

J'appellerai point *périphérique* d'une série de Dirichlet un point placé sur sa droite de convergence simple, et, pour simplifier l'exposé, je supposerai que cette droite est l'axe imaginaire.

Théorème. — *Soit $f(z)$ la fonction analytique définie par la série de Dirichlet*

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n z},$$

dont l'abscisse de convergence simple est égale à zéro. Posons

$$g(h) \equiv e \overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{1}{n} \sqrt[n]{\left| \sum_{m=0}^{\infty} a_m \lambda_m^n e^{-\lambda_m h} \right|} \qquad (h > 0),$$

$$\xi(h) \equiv 2h^2[1 - hg(h)].$$

Alors on a :

1° $\xi(h)$ *n'est pas négative, pour toute valeur de* $h > 0$;

2° *pour que* $f(z)$ *ait, au moins, un point singulier périphérique à distance finie, il faut et il suffit que* $\xi(h)$ *ait une limite ordinaire finie, pour* $h \to +\infty$;

3° *pour que tout point périphérique à distance finie, soit régulier pour* $f(z)$, *il faut et il suffit que* $\xi(h)$ *ait une limite ordinaire infinie, pour* $h \to +\infty$;

4° *si* $\xi(h)$ *a une limite ordinaire finie* ξ, *pour* $h \to +\infty$, *l'un au moins des deux points* $\pm i\sqrt{\xi}$, *est le point singulier périphérique de* $f(z)$ *le plus rapproché de l'origine;*

5° *si* $f(z)$ *a, au moins, un point singulier (périphérique ou non) à distance finie, en posant*

$$g_1(h) \equiv e \overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{1}{n} \sqrt[n]{\left| \sum_{\frac{n}{2h} \leq \lambda_m \leq \frac{3n}{2h}} a_m \lambda_m^n e^{-\lambda_m h} \right|} \qquad (h > 0),$$

$$\xi_1(h) \equiv 2h^2[1 - hg_1(h)],$$

on a :

a. $\xi_1(h)$ *n'est pas négative, pour h suffisamment grand;*

b. pour que $f(z)$ *ait, au moins, un point singulier périphérique à distance finie, il faut et il suffit que* $\xi_1(h)$ *ait une limite ordinaire finie,* ξ_1, *pour* $h \to +\infty$, *et l'un, au moins, des deux points* $\pm i\sqrt{\xi_1}$, *est le point singulier périphérique de* $f(z)$ *le plus rapproché de l'origine;*

6° *si* $f(z)$ *a, au moins, un point singulier non périphérique à distance finie, pour que tout point périphérique à distance finie soit régulier pour* $f(z)$, *il faut et il suffit que* $\xi_1(h)$ *ait une limite ordinaire infinie, pour* $h \to +\infty$.

Démonstration. — 1° Pour $h > 0$, on a

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(h)}{n!}(z-h)^n,$$

et le rayon de convergence de cette série est $1/g(h) \geq h$, d'où $\xi(h) \geq 0$.

2°, 3° et 4° Appelons d la valeur absolue de l'ordonnée du point singu-

lier périphérique le plus rapproché de l'origine. On a

$$\frac{1}{g(h)} \leqq \sqrt{d^2 + h^2}. \tag{1}$$

Soit ε un nombre positif arbitraire. *Tous* les points de l'intervalle fermé de l'axe imaginaire dont les extrémités sont les points $i(d-\varepsilon)$, $i(-d+\varepsilon)$ sont *réguliers* pour $f(z)$, donc, d'après le théorème de M. Borel, il existe un nombre $\eta \equiv \eta(\varepsilon) < 0$, tel que *tous* les points (contour inclus) du rectangle, D, dont les sommets sont les points $[0, i(d-\varepsilon)]$, $[\eta, i(d-\varepsilon)]$, $[\eta, i(-d+\varepsilon)]$, $[0, i(-d+\varepsilon)]$, sont *réguliers* pour $f(z)$. Le nombre $\eta \equiv \eta(\varepsilon)$ étant ainsi fixé, prenons h suffisamment grand pour que l'arc de circonférence de centre $z = h$ passant au point $i(d-\varepsilon)$ et situé à gauche de l'axe imaginaire soit *complètement* intérieur au rectangle D. Donc, pour $h \geqq h_0 \equiv h_0(\varepsilon)$, on a

$$\frac{1}{g(h)} > \sqrt{(d-\varepsilon)^2 + h^2}. \tag{2}$$

De (1) et (2) l'on tire : $(d-\varepsilon)^2 \leqq \overline{\lim_{h \to \infty}}\, \xi(h) \leqq d^2$ et $(d-\varepsilon)^2 \leqq \underline{\lim_{h \to \infty}}\, \xi(h) \leqq d^2$. En prenant des limites, pour $\varepsilon \to 0$, dans ces inégalités et en rapprochant les relations que l'on obtient, on déduit l'existence de limite ordinaire de $\xi(h)$, et en outre $\xi = d^2$. Réciproquement : supposons qu'il existe $\lim \xi(h) = \xi$. A partir de $h_1 \equiv h_1(\varepsilon)$ on a

$$\xi(h) > (\sqrt{\xi} - \varepsilon)^2 \quad \text{et} \quad 2h^2 \left\{ 1 - h\left[(\sqrt{\xi} - 3\varepsilon)^2 + h^2\right]^{-\frac{1}{2}} \right\} < (\sqrt{\xi} - 2\varepsilon)^2,$$

donc

$$\frac{1}{g(h)} > \sqrt{(\sqrt{\xi} - 3\varepsilon)^2 + h^2},$$

c'est-à-dire : *tous* les points de l'intervalle *ouvert* $(-i\sqrt{\xi}, i\sqrt{\xi})$ sont *réguliers* pour $f(z)$. A partir de $h_2 \equiv h_2(\varepsilon)$ on a

$$\frac{1}{g(h)} < \sqrt{(\sqrt{\xi} + 3\varepsilon)^2 + h^2}. \tag{3}$$

Si les deux points $-i\sqrt{\xi}$ et $i\sqrt{\xi}$ sont *réguliers* pour $f(z)$, avec le même raisonnement que j'ai fait plus haut on voit que : en prenant h suffisamment grand et ε suffisamment petit l'inégalité (3) ne peut jamais être vérifiée; donc : un, au moins, des points $\pm i\sqrt{\xi}$ doit être *singulier* pour $f(z)$. La démonstration de 3° se fait par des considérations analogues à celles que je

viens d'exposer 5° et 6°. Il suffit de voir que, s'il existe un point *singulier*, $\alpha+\beta i$, *à distance finie*, avec $\alpha \leqq 0$, pour h *suffisamment grand*, on a $g(h)=g_1(h)$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le calcul approché du coefficient de contraction d'un jet gazeux.* Note [1] de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

1. Nous avons donné [2] l'expression du coefficient de contraction d'un jet gazeux plan, qui s'échappe d'un récipient limité par deux droites infinies formant entre elles un angle égal à 2μ $(0<\mu<\pi)$, en supposant que la configuration étudiée présente un axe de symétrie et que le mouvement considéré soit infrasonore. Nous nous proposons actuellement d'indiquer une expression approchée de ce coefficient pour des vitesses d'écoulement suffisamment faibles.

En adoptant les notations de la Note citée, l'expression exacte du coefficient de contraction est

$$c(\tau_0, \mu)=\frac{1}{1+2\pi\sin\mu\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{n\,x_n(\tau_0)}{n^2\pi^2-\mu^2}}, \tag{1}$$

où $x_n(\tau)$ représente la solution de l'équation différentielle

$$F(x_n)\equiv\tau(1-\tau)\,x'_n(\tau)+(1-\tau)\,x_n^2(\tau)+\beta\tau\,x_n(\tau)-\lambda_n[1-(2\beta+1)\tau]=0 \qquad \left(\lambda_n=\frac{n\pi}{2\mu}\right), \tag{2}$$

qui est régulière et égale à l'unité pour $\tau=0$. Ceci étant, on a le lemme suivant : *Si* $h(\tau)\geqq 0$ *est une fonction continue ainsi que sa dérivée première par rapport à* τ, *pour* $0\leqq\tau<1/2\beta+1$, *telle que l'on ait* $h(\tau)\geqq x_n(\tau)$, *quel que soit l'indice n, et si de plus*

$$\lambda_{n+p}[h(\tau)-x_n(\tau)]\geqq\lambda_n[h(\tau)-x_{n+p}(\tau)] \qquad (p>0), \tag{3}$$

l'expression qu'on obtient de (1) *en y remplaçant* $x_n(\tau_0)$ *par* $h(\tau_0)$ *donne une*

---

[1] Séance du 13 décembre 1937.

[2] *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 423; *Bulletin scientifique de l'École Polytechnique de Timisoara*, 7, 1937, p. 47.

limitation inférieure de $c(\tau_0, \mu)$. Si $h(\tau) \geqq 0$ vérifie les inégalités de sens contraire, on obtient une majorante de $c(\tau_0, \mu)$.

L'établissement de ce lemme est immédiat si l'on tient compte des propriétés des séries alternées. Or, si l'on pose $h_1(\tau) = (1 - 2\beta\tau/1 - \tau)^{\frac{1}{2}}$, $h_2(\tau) = (1 - \tau)^\beta$, $h_3(\tau) = (1 + 2\beta\tau)^{-\frac{1}{2}}$, on a $h_1(\tau) \leqq x_n(\tau) \leqq h_2(\tau) \leqq h_3(\tau)$, dans tout l'intervalle considéré, et d'autre part nous avons pu établir que les fonctions $h_2(\tau)$ et $h_3(\tau)$ satisfont à la condition (3), dans le même intervalle, tandis que $h_1(\tau)$ vérifie l'inégalité de sens contraire. On en déduit les limitations

$$(4) \qquad \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{k(\mu)} - 1\right) h_3(\tau)} \leqq \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{k(\mu)} - 1\right) h_2(\tau)} \leqq c(\tau_0, \mu) \leqq \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{k(\mu)} - 1\right) h_1(\tau)},$$

$k(\mu)$ étant le coefficient de contraction du jet liquide associé. Les inégalités (4) prouvent que l'approximation faite en remplaçant $c(\tau_0, \mu)$ par l'une des expressions précédentes sera d'autant meilleure que τ_0 sera plus petit. Ainsi, en prenant $\gamma = 1{,}4$, $\beta = 2{,}5$ et $0 \leqq \tau_0 \leqq 1/24$, ce qui revient à $V_0 \leqq c_0\sqrt{30}/12$, c_0 étant la célérité du son au point de vitesse nulle, on commet une erreur moindre que 0,005, si l'on choisit l'une des deux valeurs les plus rapprochées de $c(\tau_0, \mu)$ qui figurent dans (4); si $0 \leqq \tau_0 \leqq 1/45$, $(V_0 \leqq c_0/3)$, l'erreur sera moindre que 0,0015; enfin si $0 \leqq \tau_0 \leqq 1/80$, ce qui revient à $V_0 \leqq c_0/4$, on peut affirmer que l'erreur faite sera moindre que 0,0004. On a, par exemple, avec trois décimales exactes,

$$c\left(\frac{1}{80}, \frac{\pi}{2}\right) = 0{,}618.$$

2. On peut rattacher les résultats précédents à la théorie approchée de MM. S. A. Tchapliguine et B. Demtchenko. On sait [3] que les équations du mouvement gazeux prennent une forme particulièrement simple si l'on adopte comme loi de variation de la densité $\rho = \rho_0(1 + 2\beta\tau)^{-\frac{1}{2}}$, ce qui est légitime pour les mouvements lents. Dans ces conditions, on peut établir une correspondance entre le mouvement gazeux et un mouvement liquide, telle qu'aux points homologues le potentiel complexe soit le même ainsi que l'angle que fait le vecteur vitesse avec un axe fixe.

Nous avons montré que, si l'on choisit le mouvement associé de façon que,

---

[3] B. Demtchenko, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1218 et 1720.

sur les lignes libres, qui se correspondent, on ait la même vitesse V_0 pour le liquide que pour le gaz, la relation entre les coefficients de contraction des jets liquide et gazeux est

$$(5) \qquad c = \frac{1}{1 + \frac{\rho_\infty}{\rho_0}\left(\frac{1}{c^{(0)}} - 1\right)},$$

$c^{(0)}$ étant le coefficient de contraction dans le mouvement liquide associé et ρ_∞ la densité du gaz à l'infini en aval. Ce résultat est d'ailleurs valable pour un jet gazeux à parois quelconques. Suivant que dans cette formule on remplace le rapport ρ_∞/ρ_0 par la valeur que donne la loi caractéristique adoptée ou bien la loi adiabatique, on obtient, dans le cas particulier considéré plus haut, les deux expressions approchées par défaut du coefficient de contraction que nous venons de signaler. L'étude qui précède met ainsi en évidence, dans un cas simple, le degré d'approximation qu'on peut attendre de la méthode de MM. Tchapliguine et Demtchenko.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les équations tensorielles de l'électron magnétique.* Note de M. **Jacques Yvon**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie de l'électron de Dirac s'applique à un électron soumis à un champ électromagnétique donné à l'avance. Dans cette théorie l'électron est défini en chaque point de l'univers par 16 paramètres tensoriels, mais ces paramètres ne figurent pas dans les équations différentielles qui régissent l'évolution de l'électron : dans ces équations les inconnues sont quatre fonctions d'onde imaginaires, qui se transforment de manière compliquée lors des changements d'axes de coordonnées. Les 16 paramètres s'en déduisent par des expressions algébriques qui font intervenir les produits des fonctions d'onde avec leurs imaginaires conjuguées. De la forme de ces expressions il résulte que les 16 paramètres sont liés entre eux par 9 relations algébriques.

Il paraît naturel de chercher à éliminer des équations de Dirac les fonctions d'onde, de manière à faire figurer dans les équations différentielles de l'électron des grandeurs tensorielles : ainsi obtient-on des équations différentielles qui sont en apparence plus difficiles à résoudre parce qu'elles ne sont plus linéaires, mais dont en revanche l'interprétation physique sera moins embarrassante. Il sera permis de rechercher comment se généralisent

ces équations lorsque le champ électromagnétique, au lieu d'être imposé, est modifié d'une manière appréciable par l'électron même qui y est plongé.

Une première étape du calcul consiste à expliciter les 9 relations qui existent entre les 16 paramètres. Les 16 paramètres sont :

2 invariants		Ω_1			Ω_2	
les composantes du vecteur courant d'univers	j_1		j_2	j_3		j_4
les composantes du vecteur spin	σ_1		σ_2	σ_3		σ_4
les 6 composantes indépendantes du tenseur antisymétrique densité de moment magnétique et densité de moment électrique	μ_{23}	μ_{31}	μ_{12}	μ_{14}	μ_{24}	μ_{34}

Toutes les composantes données-ci-dessus sont supposées contrevariantes. Posons, pour abréger :

$$j_i = ec\mathrm{U}_i, \qquad \sigma_i = \frac{h\mathrm{S}_i}{4\pi}, \qquad \mu_{ij} = \frac{eh\mathrm{M}_{ij}}{4\pi m_0 c};$$

précisons que e est la charge de l'électron en valeur absolue.

Utilisons le symbolisme des quaternions. Représentons deux quaternions par

$$(x, y, z, t) \quad \text{et} \quad (\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}, \mathrm{T}),$$

le produit du premier quaternion par le deuxième est

$$\begin{aligned}(x, y, z, t)\,&(\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}, \mathrm{T})\\ &= (x\mathrm{X} - y\mathrm{Y} - z\mathrm{Z} - t\mathrm{T},\ x\mathrm{Y} + y\mathrm{X} + z\mathrm{T} - t\mathrm{Z},\ x\mathrm{Z} - y\mathrm{T} + z\mathrm{X} + t\mathrm{Y},\ x\mathrm{T} + y\mathrm{Z} - z\mathrm{Y} + t\mathrm{X}).\end{aligned}$$

A l'aide des quaternions les 16 paramètres de l'électron s'expriment en fonction des fonctions d'onde ψ_1, ψ_2, ψ_3, ψ_4 et de leurs imaginaires conjuguées respectives ψ'_1, ψ'_2, ψ'_3, ψ'_4 par les relations

$$\begin{aligned}
(\mathrm{U}_4,\ i\mathrm{M}_{14},\ -i\mathrm{M}_{34},\ -i\mathrm{S}_2) &= (-\psi'_4, \psi'_1, \psi'_2, \psi'_3)\,(1, 0, 0, 0)\,(\psi_4, \psi_1, \psi_2, \psi_3),\\
(i\mathrm{U}_2,\ -\mathrm{M}_{12},\ -\mathrm{M}_{23},\ \mathrm{S}_4) &= (-\psi'_4, \psi'_1, \psi'_2, \psi'_3)\,(0, 1, 0, 0)\,(\psi_4, \psi_1, \psi_2, \psi_3),\\
(i\Omega_2,\ -\mathrm{S}_1,\ \mathrm{S}_3,\ \mathrm{M}_{24}) &= (-\psi'_4, \psi'_1, \psi'_2, \psi'_3)\,(0, 0, 1, 0)\,(\psi_4, \psi_1, \psi_2, \psi_3),\\
(-i\mathrm{M}_{31},\ -\mathrm{U}_3,\ -\mathrm{U}_1,\ \Omega_1) &= (-\psi'_4, \psi'_1, \psi'_2, \psi'_3)\,(0, 0, 0, 1)\,(\psi_4, \psi_1, \psi_2, \psi_3).
\end{aligned}$$

Les propriétés particulières aux modules des quaternions conduisent ensuite à des relations où ne figurent pas les fonctions d'onde et qui peuvent s'écrire :

$$\begin{aligned}
\mathrm{U}_4^2 - \mathrm{U}_1^2 - \mathrm{U}_2^2 - \mathrm{U}_3^2 &= \Omega_1^2 + \Omega_2^2,\\
\mathrm{S}_4^2 - \mathrm{S}_1^2 - \mathrm{S}_2^2 - \mathrm{S}_3^2 &= -\Omega_1^2 - \Omega_2^2,\\
\mathrm{U}_4\mathrm{S}_4 - \mathrm{U}_1\mathrm{S}_1 - \mathrm{U}_2\mathrm{S}_2 - \mathrm{U}_3\mathrm{S}_3 &= 0;
\end{aligned}$$

et

$$M_{23} = -(\Omega_1^2 + \Omega_2^2)^{-1}[\Omega_2(U_2S_3 - U_3S_2) - \Omega_1(U_1S_4 - U_4S_1)],$$
$$M_{31} = -(\Omega_1^2 + \Omega_2^2)^{-1}[\Omega_2(U_3S_1 - U_1S_3) - \Omega_1(U_2S_4 - U_4S_2)],$$
$$M_{12} = -(\Omega_1^2 + \Omega_2^2)^{-1}[\Omega_2(U_1S_2 - U_2S_1) - \Omega_1(U_3S_4 - U_4S_3)],$$
$$M_{14} = -(\Omega_1^2 + \Omega_2^2)^{-1}[\Omega_2(U_1S_4 - U_4S_1) + \Omega_1(U_2S_3 - U_3S_2)],$$
$$M_{24} = -(\Omega_1^2 + \Omega_2^2)^{-1}[\Omega_2(U_2S_4 - U_4S_2) + \Omega_1(U_3S_1 - U_1S_3)],$$
$$M_{34} = -(\Omega_1^2 + \Omega_2^2)^{-1}[\Omega_2(U_3S_4 - U_4S_3) + \Omega_1(U_1S_2 - U_2S_1)].$$

Telles sont les neuf relations cherchées, dont cinq étaient déjà connues sous une forme partiellement différente.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Une méthode de mesure des densités de charges électrostatiques.* Note [1] de M. **Robert Pinoir**, transmise par M. Charles Camichel.

La production de charges électrostatiques par frottement ou décollement, qui joue un rôle important dans certaines industries (papier, films, etc.), est encore un phénomène mal connu. Pour l'étudier on a imaginé une méthode de mesure des densités de charge, simple, instantanée, continue, et qui permet l'enregistrement des charges portées par une bande qui se déroule d'une façon continue.

Principe de la méthode [2]. — Si un conducteur relié au sol est soumis à l'influence d'une charge $+Q$, il prend une charge $-Q'$, et une charge $+Q'$ s'écoule vers le sol. S'il est soumis à l'influence de la charge Q puis soustrait à elle n fois par seconde, la charge Q' parcourt le conducteur alternativement dans un sens et dans l'autre n fois par seconde. En redressant ce courant on obtient un courant moyen $i_m = 2nQ'$.

Dans un condensateur plan indéfini le champ est uniforme à l'intérieur et nul à l'extérieur et la densité de charge σ est uniforme et égale sur les deux armatures. Si l'on remplace une des armatures par un plan isolant portant une densité uniforme σ, la répartition du champ et des charges reste la même. Le champ reste encore uniforme en face d'une armature

---

(1) Séance du 13 décembre 1937.

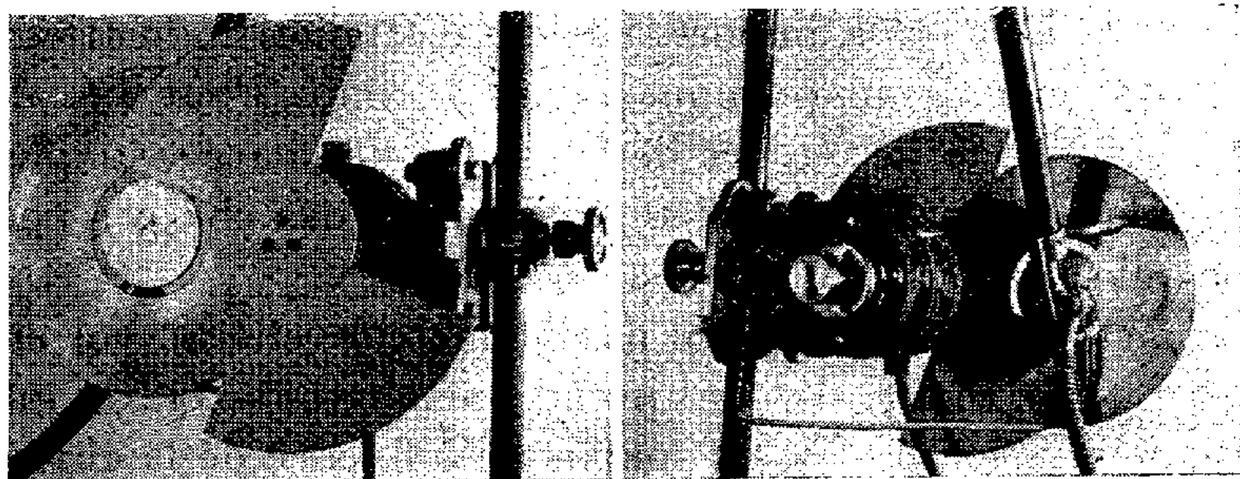
(2) Une description sommaire de cette méthode a paru dans *Sciences et Industries photographiques*, **8**, juillet 1937, p. 222. MM. P. Dupin et L. Sacré ont indiqué, indépendamment de ces recherches, une méthode analogue (*Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 542).

conductrice de surface limitée S, si elle est entourée d'un anneau de garde. La densité sur cette armature est donc encore égale à σ et la charge totale à $S\sigma$. Le courant moyen redressé est alors $i_m = 2nS\sigma$ (1).

Pour supprimer l'influence entre le plan chargé et l'armature, il suffit d'amener entre eux un plan conducteur relié au sol théoriquement infini et pratiquement suffisamment grand.

Le courant peut être mesuré soit avec un galvanomètre, soit avec une lampe électronique. Le redresseur peut être à contact rectifiant (déviation indépendante du signe de la charge) ou à contact tournant (sens de la déviation indiquant le signe de la charge). La lampe peut encore être montée en détectrice (déviation indépendante du signe et non linéaire).

Réalisation pratique. — L'appareil comprend une armature de mesure circulaire de 50^{mm} de diamètre entourée d'un anneau de garde relié au sol, et un moteur électrique portant sur son arbre un obturateur tournant à deux pales et un contacteur tournant (rupteur de magnéto).



Propriétés du dispositif et étalonnage. — Une charge électrique ne s'écoule pas instantanément à travers une résistance R. Elle est réduite au millième de sa valeur initiale au bout du temps t. Lorsque la fréquence d'obturation f est inférieure à la fréquence critique $f_c = 1/2t$, l'écoulement est total et le courant moyen est indépendant de la résistance R et proportionnel à f; la formule (1) est valable.

Lorsque f est plus grand que f_c, le courant moyen diminue quand R croît et augmente moins vite que f; la formule (1) ne s'applique plus. La fréquence critique dépend de la résistance d'après une relation de la forme $f_c R =$ const. Pour l'appareil réalisé on a trouvé $R = 1000000^{\omega}$ pour $f = 70$ obt/sec.

Le galvanomètre utilisé a une sensibilité de $0,5 10^{-10}$ amp/mm à 1 m, et une résistance de 3000^{ω}; pour $f = 100$, inférieur à f_c, la formule $i_m = 2f\sigma S$ donne une sensibilité de $2,5.10^{-13}$ coulomb par millimètre à 1^m. (Un bon électromètre à quadrant donne 1.10^{-12}). Avec une armature de 50^{mm} de diamètre, la densité de charge correspondante est $0,127.10^{-13}$ coulomb/cm².

Dans le cas du montage à l'aide d'une lampe électronique ($R = 4$ mégohms, $f > f_c$), on

étalonne par comparaison avec le galvanomètre. Pour $f = 70$ obt/sec, on trouve $1,45.10^{-11}$ coulomb pour une variation de 10^{-5} amp. du courant anodique.

Avantage de la méthode sur les méthodes Électrométriques ordinaires. — La substitution d'une mesure de courant à une mesure de charges offre les avantages suivants : 1° augmentation de la puissance disponible pour la mesure; 2° suppression des difficultés d'isolement, la résistance de fuite devant simplement être grande par rapport à la résistance de mesure; 3° suppression des difficultés de blindages, l'apport accidentel d'une charge n'entraînant qu'une erreur instantanée et faible.

La mesure continue des charges par influence à l'aide des méthodes électrométriques habituelles exigerait au contraire un isolement et un blindage parfaits impossibles à réaliser (en particulier, influence des ions entraînés par le champ), car tout gain et toute perte accidentels de charges introduisent une erreur permanente.

La méthode indiquée par Rosa Gunn ([3]) et basée également sur la substitution d'une mesure de courant à une mesure de charges, à l'aide d'un condensateur périodiquement variable, offre les mêmes inconvénients puisqu'elle comporte aussi un conducteur totalement isolé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les confrontations des métaux au platine dans les solutions de leurs propres sels.* Note ([1]) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

Le système métal-solution a fait l'objet de recherches théoriques ([2]) qui ont suggéré une investigation indirecte des circonstances électriques interfaciales ([3]). Il était intéressant, d'autre part, de déterminer une grandeur susceptible de mesure immédiate et qui fasse intervenir ce système de manière relativement simple. A cette fin, les confrontations des métaux au platine dans les solutions de leurs propres sels ont été contrôlées à l'électromètre.

La confrontation du cuivre au platine dans les solutions cuivriques a fait l'objet du présent travail : la variation de la force électromotrice de la pile

---

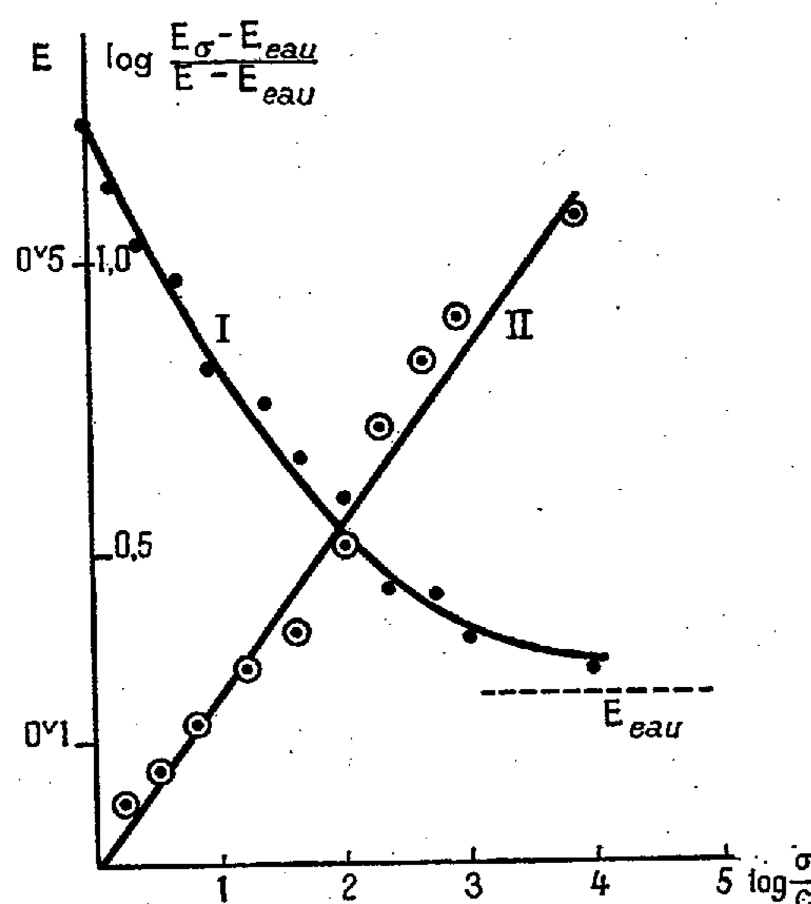
([3]) *Physical Review*, 40, 1932, p. 307.

([1]) Séance du 3 décembre 1937.

([2]) Lange et Miscenko, *Zeits. f. physik. Chem.*, 149 A, 1930, p. 1.

([3]) Andauer et Lange, *ibid.*, 166 A, 1933, p. 219.

ainsi constituée a été suivie en fonction de la concentration du bain dans le cas du chlorure. Les résultats de l'expérience sont illustrés par le diagramme. Pour chacune des courbes (I) et (II), les quotients de la solubilité du sel par les concentrations, proportionnels aux dilutions respectives, sont portés en abscisses.



Influence de la concentration de Cl^2Cu sur la f. e. m. de la chaîne. Cu — Cl^2Cu — Pt.

La courbe I représente l'abaissement de la force électromotrice E de la chaîne Cu — Cl^2Cu — Pt par dilution croissante de la solution cuivrique. Partant, à la saturation, d'une valeur E_σ de l'ordre de 0,60 volt, elle tend, aux grandes dilutions, vers une valeur E_{eau} de l'ordre de 0,15 volt, qui caractérise le cas de l'eau pure.

La nature de la courbe I est discernable par la considération de la différence $E - E_{eau}$, laquelle est une propriété du système solution-eau. On constate que la variation, en fonction de la concentration, de la différence $E - E_{eau}$ est de la même forme, aux constantes numériques près, que celle du potentiel électrométrique de la solution, précédemment défini (4), et qui est une autre propriété du système solution-eau. La courbe II, tracée à une échelle logarithmique, est en effet approximativement rectiligne, ce qui conduit, pour la force électromotrice de la chaîne Cu — Cl^2Cu — Pt,

(4) S. Veil, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 1501.

à une expression telle que

$$E = E_{eau} + [E_{\sigma} - E_{eau}] \left(\frac{c}{\sigma}\right)^{\lambda}.$$

σ désigne la solubilité du chlorure cuivrique, c sa concentration et λ un exposant fractionnaire, de l'ordre de 1/4.

L'opposition du cuivre au platine, dans des solutions cuivriques autres que la solution du chlorure, ne fournit au maximum que des forces électromotrices notablement moindres, à savoir, à la saturation, l'ordre de 0,30 volt pour le nitrate et l'ordre de 0,25 volt pour le sulfate. Des sels organiques, tels que le formiate et l'acétate, ne se distinguent guère de l'eau pure, la valeur de saturation E_{σ} qui leur correspond demeurant, en d'autres termes, de l'ordre de E_{eau}. La discrimination des divers sels cuivriques, non moins nette que celle relevée à propos du potentiel électrométrique, laisse présumer qu'à leur tour les caractères électriques du système cuivre-sel cuivrique lui-même manifesteraient également une telle spécificité.

Il est à noter que la présente étude ne met en cause aucune hypothèse touchant la distribution interfaciale de l'électricité, non plus même que les hypothèses classiques de la dissociation ionique.

MAGNÉTISME. — *Perméabilité magnétique à haute fréquence des couches minces de fer déposées électrolytiquement.* Note de MM. **Stéfan Procopiu** et **Gérard d'Albon**, présentée par M. Aimé Cotton.

La perméabilité magnétique du fer pour les ondes de l'ordre du mètre se mesure par le changement de longueur d'onde des oscillations qui se propagent sur un système Lecher de deux fils de fer parallèles; cette perméabilité diminue et tend vers l'unité pour les fréquences très élevées. La diminution de la perméabilité est attribuée à ce qu'il faut un temps fini pour l'orientation des particules élémentaires aimantées, ou bien au fait que la couche superficielle dans laquelle s'établit le courant pour les hautes fréquences possède d'autres propriétés magnétiques que l'intérieur de la masse de fer. Les expériences sur la propagation des ondes de différentes longueurs sur des fils de fer massif ne permettent pas de choisir entre ces deux explications [1].

---

(1) Voir les expériences de R. Sänger pour des ondes entre 10 et 100^{cm} (*Helvetica Physica Acta*, 7, V, 1937, p. 479).

Des expériences sur les couches minces de fer déposées électrolytiquement ont conduit l'un de nous à admettre l'existence d'une couche superficielle de l'ordre de $20^{m\mu}$ possédant un champ coercitif bien plus grand que le métal massif, et à prévoir une perméabilité très faible pour cette couche superficielle ([2]). Le but de ce travail est d'étudier la propagation des ondes sur des fils de cuivre sur lesquels on a déposé des couches minces de fer, et d'étudier *pour une fréquence constante* comment varie la perméabilité avec l'épaisseur e de la couche de fer. Les expériences nous ont donné la valeur de l'épaisseur de cette couche de perméabilité égale à l'unité.

Méthode employée. — On produit des ondes de longueur d'onde $\lambda = 210^{cm}$ avec un oscillateur à lampes Gutton et Touly, et on les envoie sur un système de Lecher de 2 fils parallèles (fils en cuivre, de diamètre $d = 0^{cm},18$, écartés de $D = 2^{cm},2$). Les extrémités des fils du côté de l'oscillateur sont reliées à un couple thermoélectrique fer-constantan (diam. des fils $0^{mm},03$). Sur les fils se promène un pont, son déplacement permet de déduire des lectures des déviations d'un galvanomètre relié au couple, une courbe de résonance. De cette courbe on déduit l'absorption des ondes et aussi la longueur d'onde. Sur une portion du système Lecher, celui-ci restant en place, on dépose électrolytiquement une couche de fer d'environ 2 mètres d'étendue et d'épaisseur e connue. On lave à l'eau le dépôt en maintenant toujours les fils sous la tension d'électrolyse, afin que le fer ne se redissolve. On mesure de nouveau la longueur d'onde λ' sur cette portion recouverte de fer, longueur d'onde qui est plus petite que λ mesurée sur la portion où le cuivre est resté à nu. La différence $\Delta\lambda = \lambda - \lambda'$ permettra de calculer la perméabilité μ par les formules que Laville ([3]) a déduites de la théorie de Mie. En augmentant l'épaisseur des couches de fer, $\Delta\lambda$ augmente aussi jusqu'à atteindre une valeur constante, celle qui correspond à des fils de fer massifs, à moins que la résistance électrique des couches plus épaisses ne change pas beaucoup. Les ondes s'établissent à la surface des conducteurs par un *effet de peau* et les couches de fer ne donnent une valeur constante pour $\Delta\lambda$ que si leur épaisseur est grande par rapport à la profondeur z de la couche où pénètrent les ondes. On a $z = \frac{\lambda}{2\pi\sqrt{\mu\sigma f}}$, où σ est la conductibilité de la couche de fer et f la fréquence des ondes.

Dans le cas de nos expériences, $\sigma = 1/(4,2).10^{-4}$ u. é. m. et, si l'on admet

---

([1]) St. Procopiu, *J. de Phys.*, 7e série, 5, 1934, p. 206.

([2]) *Ann. de Physique*, 10e série, 2, 1934, p. 331.

$\mu = 100$ pour la fréquence $f = 1,43.10^8$ cycles/sec, on obtient pour la profondeur z la valeur $2^{\mu},6$. Des couches de fer plus épaisses que z réalisent un conducteur de fer massif. Pour des couches plus minces, l'onde pénètre aussi dans le conducteur de cuivre, la perméabilité constatée sera toujours plus petite que la valeur réelle μ, et tendra vers l'unité, lorsque la couche de fer tend vers zéro. Et la fonction $(\Delta\lambda, e)$ sera représentée par une courbe d'allure parabolique. Mais, si la perméabilité réelle μ diminue avec e, l'épaisseur, la variation de $\Delta\lambda$ avec e est représentée par une ligne droite, qui coupe l'axe des épaisseurs e en un point qui correspond à la couche de fer de perméabilité 1. Ce point sera déterminé par nos expériences.

Résultats expérimentaux. — Des couches de fer d'épaisseur plus grande que 4^{μ} diminuent la longueur d'onde d'une valeur constante $\Delta\lambda = 4^{cm}$. La résistance électrique de ces couches minces de fer, mesurée par nous, étant $\rho = 42.000$ u. é. m. (4 fois environ plus grande que celle du fer ordinaire); on calcule, avec les formules de Laville, la valeur $\mu = 68,5$.

La variation $\Delta\lambda$ avec l'épaisseur e est donnée par le tableau suivant :

e (en mμ)......	4600.	3680.	3220.	1840.	1610.	1265.	1058.
$\Delta\lambda$ (en mm)....	40	39	38,4	28	25,6	20	16
e (en mμ).....	920.	690.	478.	368.	276.	184.	92.	46.
$\Delta\lambda$ (en mm)...	14	10	7	5,4	4	2,5	1	0,2

L'examen de ce tableau conduit aux constatations suivantes : 1° A partir de l'épaisseur $1000^{m\mu}$, les valeurs de $\Delta\lambda$ diminuent proportionnellement à e, ce qui paraît indiquer que la perméabilité réelle du fer diminue avec l'épaisseur de la couche de fer. 2° Pour une valeur de e d'environ $35^{m\mu}$, la valeur de $\Delta\lambda$ devient nulle, c'est-à-dire que *la perméabilité magnétique des couches de fer épaisses de* $35^{m\mu}$ *a la valeur* 1. Ces résultats seront contrôlés en faisant des mesures par une méthode magnétique statique sur un ensemble de couches minces de fer empilées les unes sur les autres.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Caractéristique de l'émission thermoélectronique du molybdène thorié.* Note de M. **Pierre Grauwin**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons étudié des filaments de molybdène, de diamètre $0^{mm},25$ et $0^{mm},30$, contenant, d'après nos analyses, $2,6 \pm 0,2$ pour 100 de thorine, utilisés comme cathode dans des tubes comportant d'autre part trois anodes

cylindriques de nickel, l'anode centrale étant percée d'un petit trou de visée pour la mesure de la température de la cathode, les deux autres servant d'anode de garde.

Nous avons réalisé, au moyen d'une pompe à diffusion de vapeur d'huile, un vide aussi bon que possible, la pression résiduelle étant de l'ordre de 10^{-6} mm de mercure. L'extraction des gaz, le dégazage des électrodes et le vieillissement des filaments duraient au moins trois cents heures. Un getter, lui-même soigneusement dégazé, était volatisé après scellement du tube.

Il est certain que nous obtenions ainsi un vide excellent, les propriétés du tube restant semblables à elles-mêmes pendant plusieurs mois, et l'émission du filament ne subissant aucune variation par immersion d'un tube latéral dans l'air liquide ou par chauffage modéré des parois dans la flamme d'un chalumeau.

La température de brillance du filament était mesurée à l'aide d'un pyromètre optique de Ribaud. La température absolue correspondante s'en déduisait d'après les tables de Worthing [1]. Toutes corrections faites, elle était au voisinage de 1500°K., évaluée à moins de 6° près.

L'activité de la cathode était caractérisée par le courant de saturation à une température égale à 1460°K.

Un premier caractère des cathodes étudiées est leur appauvrissement rapide lorsqu'on leur fait subir plusieurs activations et désactivations successives. Cela se traduit d'abord, pour une suite de traitements de ce genre, par une vitesse d'activation de plus en plus faible, à une même température, la couche monoatomique de thorium à la surface du molybdène devenant chaque fois complète. Après plusieurs cycles d'activation et de désactivation successifs, on ne peut plus atteindre l'émission maximum, correspondant à cet état de la surface.

Le domaine d'activation s'étend de 1500° K. à environ 1800° K. La vitesse d'activation est maximum vers 1750° K., ceci quel que soit l'âge du filament. Au-dessus de 1750° K., il y a toujours désactivation.

Le tracé des courbes de Schottky, donnant à une température déterminée T l'intensité du courant électronique i en fonction de $\sqrt{V}$, V étant le potentiel d'anode, permet par extrapolation à V nul de connaître celle du courant de saturation i_0 de la cathode à la température T, pour un chemin nul.

---

(1) Worthing, *Phys. Review*, 28, 1926, p. 195.

On peut alors, pour des températures toutes inférieures à 1500° K., dessiner les courbes de Richardson, représentant, en fonction de $1/T$, l'expression $\log i_0 - 2\log T$.

On en déduit les constantes A et Φ de la formule de Richardson

$$i_0 \frac{A}{\text{cm}^2\text{-deg}^2} = A\,T^2 \exp\left(-\frac{B}{T}\right) = A\,T^2 \exp\left(-\frac{\Phi}{kT}\right),$$

où k est la constante de Boltzmann.

Pour une couche monoatomique superficielle complète de thorium, nous trouvons

$$A = 1,0 \pm 0,25 \frac{A}{\text{cm}^2\text{-deg}^2} \quad \text{et} \quad \Phi = 2,61 \pm 0,01 \text{ électron-volt},$$

Pour des couches monoatomiques incomplètes, nous obtenons les résultats du tableau suivant, ΔΦ et ΔA désignant respectivement les erreurs absolues sur Φ et A (unités comme ci-dessus), θ désignant le taux de recouvrement, calculé en le supposant fonction linéaire de la fonction de travail.

θ.	Φ.	ΔΦ.	A.	ΔA.
1,02	2,63	0,01	1,03	0,24
1,00	2,61	0,01	1,00	0,24
0,95	2,67	0,01	1,45	0,29
0,90	2,75	0,01	2,38	0,32
0,88	2,79	0,01	2,02	0,38
0,84	2,85	0,01	2,25	0,36
0,79	2,93	0,02	1,56	0,42
0,73	3,01	0,02	1,37	0,56
0,67	3,10	0,02	1,44	0,58
0,64	3,15	0,01	1,40	0,40
0,51	3,35	0,02	3	1,05
0,26	3,76	0,01	20	9
0,02	4,12	0,02	37	15

Ces résultats sont d'accord avec les données antérieurement connues concernant :

1° le molybdène pur [Du Bridge et Roehr (²)]

$$A = 55\ \text{A/cm}^2\text{-deg}^2, \qquad \Phi = 4,15 \text{ électron-volt};$$

2° le molybdène thorié [Reynolds et Dushman (³) (travail incomplètement publié)]

$$A = 1,5\ \text{A/cm}^2\text{-deg}^2, \qquad \Phi = 2,58 \text{ électron-volt}.$$

(²) *Physical Review*, **42**, 1932, p. 52.
(³) *Review of modern Physics*, **2**, 1930, p. 311.

OPTIQUE. — *Étude de la lumière polarisée circulairement réfléchie par certains coléoptères*. Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et Mlle **N. Faraggi**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que les téguments de nombreux scarabées, éclairés par de la lumière blanche naturelle, réfléchissent régulièrement une forte proportion de lumière colorée. Michelson, Mallock, Gaubert (1) ont remarqué, de plus, que la lumière réfléchie par certaines espèces est polarisée circulairement. Au cours de recherches sur le mécanisme de la production des couleurs brillantes par les coléoptères sans écailles, nous avons rencontré la polarisation circulaire chez plusieurs genres : Anomala (*A. Motschilskyi*, *A. albopilosa*, *A. viridis*), Cetonia (*C. aurata*, *C. mutabilis*), *Potosia speciosissima*, *Pelidnota sumptuosa*, *Calcothea affinis*. Nous avons soumis le phénomène à une étude quantitative.

A. Nous avons mesuré, au moyen d'un compensateur de Babinet, la différence de phase Δ qui existe, après réflexion, entre les composantes principales d'une vibration rectiligne incidente. Δ dépend de l'incidence i et de la longueur d'onde λ, comme le montrent, par exemple, les figures 1 *a* (*Potosia speciosissima*) et 1 *b* (*Calcothea affinis*). La forme de ces courbes peut essentiellement s'interpréter comme le résultat de la superposition de deux phénomènes : 1° pour les grandes incidences, Δ doit passer de π à 0 par une courbe dont la pente est d'autant plus rapide que la réflexion se rapproche de la réflexion vitreuse théorique; le phénomène s'observe chez les insectes qui réfléchissent de la lumière naturelle sous l'incidence normale; 2° déjà sous l'incidence normale, certaines radiations réfléchies sont polarisées circulairement. A mesure que l'incidence croît, Δ prend successivement la valeur $\pi/2$ pour des radiations dont la longueur d'onde est de plus en plus courte, puis s'écarte de cette valeur.

B. L'étude de l'état de polarisation de la lumière réfléchie a pu être complétée par celle de la lumière transmise, dans le cas de *Potosia speciosissima* Scop. Traités par l'acide nitrique, les téguments s'amincissent, sans perdre leurs couleurs brillantes par réflexion. Par transmission, ils paraissent colorés en brun, mais ils sont devenus assez trans-

(1) A. Michelson, *Philosophical Magazine*, **21**, 1911, p. 554; A. Mallock, *Proc. of the royal Society*, A, **85**, 1911, p. 598; P. Gaubert, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1148.

parents pour qu'on puisse étudier la lumière transmise au moyen d'un analyseur à pénombres. Nous avons ainsi pu mettre en évidence l'existence du pouvoir rotatoire et du dichroïsme circulaire. La figure 2 montre la dispersion de la rotation α et de l'ellipticité δ. Les courbes en traits pleins se rapportent à la traversée normale de l'échantillon par le faisceau lumineux; les courbes discontinues, à la traversée sous l'incidence de 30°. La figure 2 contient également les courbes $\Delta = f(\lambda)$, calculées à partir des courbes de la figure 1 *a*.

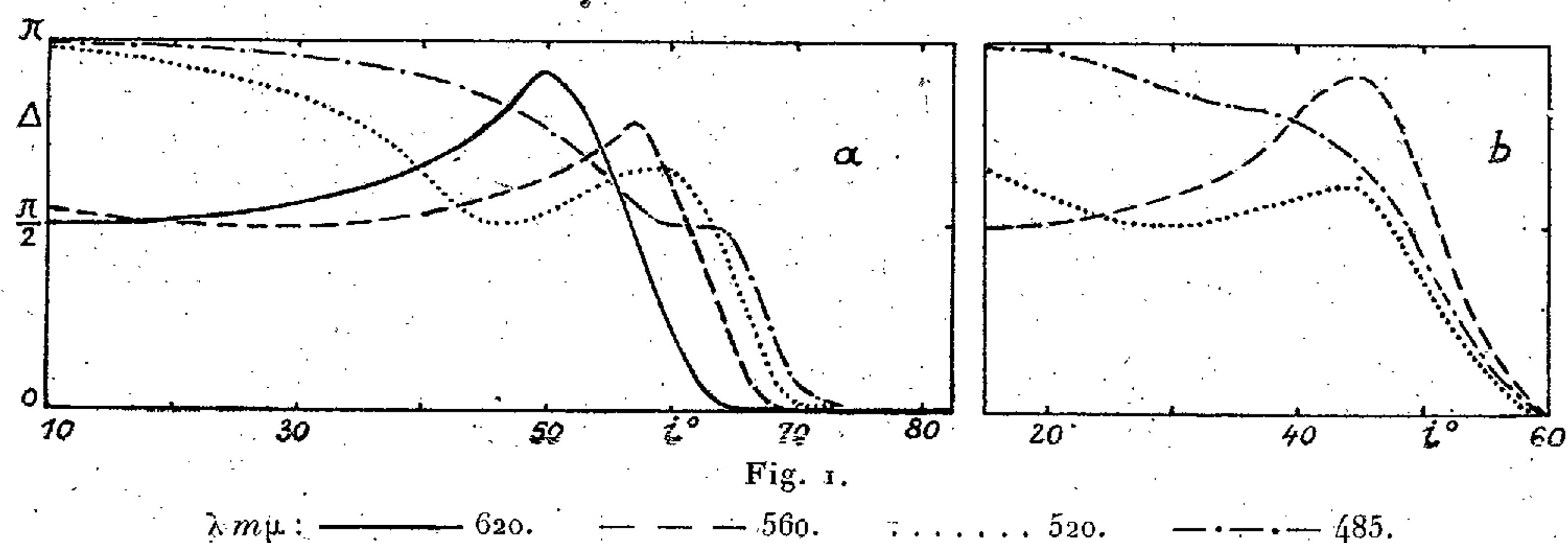


Fig. 1.

$\lambda\, m\mu$: ——— 620. — — — 560. .... 520. —·—·— 485.

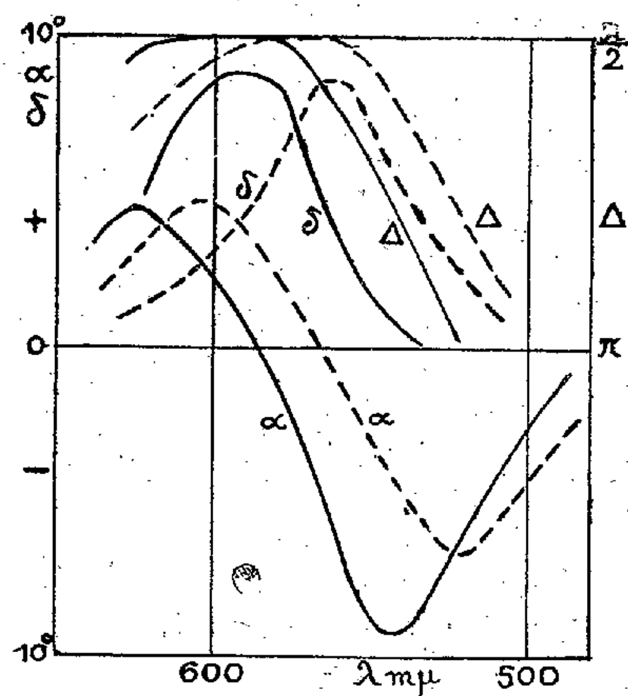


Fig. 2.

On voit qu'il existe entre α et δ les relations ordinaires qui caractérisent l'effet Cotton : δ passe par un maximum pour la longueur d'onde d'inversion de α. C'est dans la même région du spectre que Δ atteint la valeur $\pi/2$. Le sens de parcours des ellipses d'ellipticité δ est celui des aiguilles d'une montre : celle de leurs composantes circulaires qui possède la plus grande amplitude est donc dextrorsum, pour l'observateur qui reçoit le faisceau

transmis (²). Or l'expérience montre que la vibration circulaire réfléchie paraît sinistrorsum à l'observateur qui reçoit le faisceau réfléchi. Comme M. Gaubert a montré que le sens des circulaires s'inverse, dans l'espace, par réflexion sur les insectes, on voit que le dichroïsme circulaire est dû ici à ce que la lumière émergente est privée en partie d'une de ses composantes circulaires, non par *absorption* sélective, mais par *réflexion* sélective. Les phénomènes observés rappellent donc beaucoup, bien qu'ils soient moins accentués, ceux que l'on observe chez les lames cholestériques stratifiées. Il est probable que le pouvoir rotatoire que nous avons observé est dû à une structure des téguments qui possède la dissymétrie convenable; car le déplacement dans le spectre de la courbe $\alpha = f(\lambda)$, quand l'incidence varie, ne doit pas s'observer pour un milieu contenant une répartition désordonnée de molécules actives.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'intensité des principales raies électroniques de conversion du dépôt actif du thoron et sur l'efficacité photographique des électrons.* Note (¹) de M. **Roger Arnoult**, présentée par M. Paul Langevin.

L'étude photographique des désintégrations β requiert la connaissance de la variation du noircissement en fonction de l'énergie des électrons incidents. Il est commode d'étudier cette activité photographique en utilisant les raies de conversion des rayons γ dans les niveaux électroniques de l'atome formé. On les étudie d'abord photographiquement, puis on compare directement leur intensité à l'aide de compteurs Geiger-Muller.

L'appareil à focalisation employé (²), placé dans le champ produit par des cadres de Helmholtz, est contenu dans une chambre cylindrique en maxium (alliage Mg Al) de 40^{cm} de longueur et 26^{cm} de diamètre. La plaque photographique et les compteurs se trouvant ainsi à plus de 12^{cm} des parois peuvent être facilement protégés contre les rayonnements parasites de diffusion.

Le champ maximum obtenu étant de 200 oersteds, on ne peut étudier que les raies d'énergie inférieure à 300 ekv. Les sources employées étaient constituées par des feuilles d'or (épaisseur 5/100ᵉ de millimètre) activées

(²) A. Cotton, *Annales de Chimie et de Physique*, 8, 1896, p. 347.

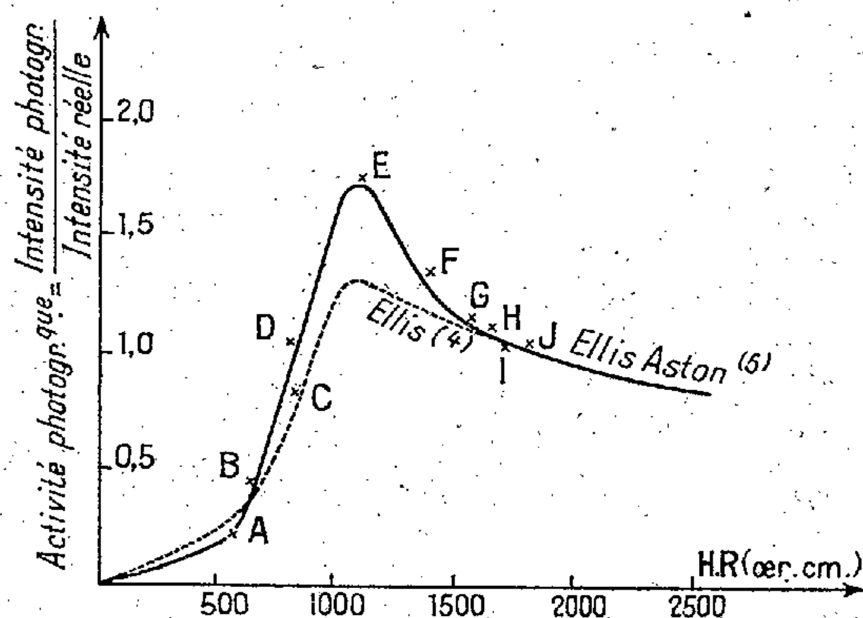
(¹) Séance du 6 décembre 1937.

(²) R. Arnoult, *J. Phys.*, 5, 1934, p. 67.

seulement sur la tranche. En comparant leur rayonnement γ à celui d'un étalon de Ra, on pouvait en déduire le nombre d'atomes désintégrés ([3]).

Les clichés obtenus (sur plaques Ilford pour rayons X) étaient microphotométrés, et les intensités relatives des raies (ordonnées des pointes au-dessus du fond continu) corrigées pour tenir compte des positions différentes sur la plaque et de la courbe de noircissement de celle-ci ([4]).

On dénombrait ensuite les électrons à l'aide de deux compteurs fonc-



tionnant en coïncidences. Ces compteurs étaient protégés du rayonnement γ de la source par 22^{cm} de plomb. Ils étaient réunis par un cylindre en laiton, tenant le vide, ce qui permettait de n'avoir que deux fenêtres en tout : la première, fermée par une feuille très mince ($\simeq 10^{-4}$ cm) d'acétate de cellulose, l'autre, à l'entrée du second compteur, fermée par une feuille d'aluminium de 5.10^{-4} cm. Ils étaient vidés en même temps que la chambre et un dispositif permettait de les isoler quand la pression convenable (8^{cm}) était atteinte. Les impulsions, transmises à un amplificateur à trois étages, étaient comptées, après sélection, par un thyratron actionnant un relais mécanique. Une série de diaphragmes, disposés sur le parcours des électrons, empêchait tout rayonnement diffusé d'atteindre les compteurs. On s'en assurait par des mesures d'absorption dans la cellophane et l'aluminium. L'angle solide utilisé pour les rayons quittant la source était de $4\pi.137.10^{-7}$.

La diffusion dans la feuille d'entrée devenait importante pour des rayons d'énergie inférieure à 100 ekv et, dans les conditions indiquées, il était

---

([3]) RICOUX, *J. Phys.*, 7, 1937, p. 388.

([4]) R. ARNOULT, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1603.

([5]) ELLIS-ASTON, *Proc. Roy. Soc.*, 119, 1928, p. 645.

impossible de compter en coïncidences au-dessous de 70 ekv ([6]). Les raies A, B, C, D ont donc été étudiées en utilisant le premier compteur seul, compte tenu de l'absorption dans la feuille d'entrée, qui devient notable au-dessous de 30 ekv.

La forme des raies n'étant pas cherchée, mais seulement le nombre d'électrons contenus dans chacune d'elles, les variations données au champ étaient calculées pour que l'énergie maximum des particules comptées dans une mesure coïncide avec l'énergie minimum de celles comptées dans la mesure suivante. Ceci n'étant pas rigoureusement réalisable, on achevait le dénombrement par une interpolation graphique (cette correction étant, d'ailleurs, toujours très faible). On tenait compte des électrons réfléchis sur le support de la source en employant les nombres donnés par Schonland ([7]).

Dans le tableau suivant N représente le nombre d'électrons de la raie étudiée, émis, par seconde, dans 4π stéradians, par une source de 1 mg-Ra-équivalent, et n le nombre d'électrons par désintégration.

		Intensité			
Raie.	Transition.	photographique.	aux compteurs.	N.	n.
A......	$C \to C''$	6,00	40,11	3233.10^3	0,2280
B......	$C \to C''$	4,10	13,32	1077 »	0,0761
C......	$B \to C$	1,20	1,95	158 »	0,0043
D......	$B \to C$	1,00	1,27	102 »	0,0028
E......	$B \to C$	1,30	0,97	78 »	0,0021
F......	$B \to C$	100	100	8089 »	0,222
G......	$C'' \to D$	3,00	3,43	277 »	0,0195
H......	$B \to C$	2,90	3,43	277 »	0,0076
I......	$B \to C$	11,00	13,74	1110 »	0,0304
J......	$B \to C$	2,40	2,97	239 »	0,0065

On en déduit la courbe d'activité photographique. [Pour faciliter la comparaison avec celle employée par Ellis ([8]), on a pris égale à l'unité l'activité des électrons de HR = 2000.]

([6]) Une étude détaillée de ces mesures de diffusion et d'absorption sera développée dans un article en cours de publication.

([7]) *Proc. Roy. Soc.*, **108**, 1925, p. 187.

([8]) *Proc. Roy. Soc.*, **138**, 1932, p. 330.

PHYSIQUE. — *Sur l'indépendance des désintégrations des atomes de polonium.* Note [1] de MM. **Jean Thibaud** et **Martin Ferber**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'un de nous a exposé [2] les raisons qui incitent à reprendre l'étude de la distribution des intervalles d'émissions radioactives : *a*, en améliorant le matériel expérimental (chambre d'ionisation à amplification linéaire); *b*, en étendant l'analyse de la distribution à des angles solides voisins de 4π; *c*, en comparant des sources étendues et des grains radioactifs; *d*, en confrontant les résultats avec la théorie statistique au moyen de critères multiples qui ont été énumérés dans le travail précédent.

La présente Note a pour objet l'application à nos observations d'un procédé dont le principe a été récemment exposé [3]. Pour cette étude, deux enregistrements avec les particules α du polonium ont été faits. *Cas a*, le faisceau de particules α n'est admis dans le compteur que sous un angle solide très faible, et la source préparée, très active, comprend un grand nombre de grains. L'enregistrement s'étendait à 7420 intervalles : l'intervalle moyen $1:\beta$ est $26^{\text{mm}},34$. *Cas b*, les conditions expérimentales sont opposées : on recueille presque la totalité des particules α émises par la source dans la sphère entière. De plus, pour mieux juger du degré d'indépendance des émissions, on isole dans une préparation un seul groupement d'atomes de polonium (10^5 atomes), et ce grain est fixé dans l'intérieur même d'une chambre d'ionisation sphérique, les précautions étant prises pour qu'un effet de recul radioactif n'intervienne pas. La cadence des émissions est alors lente et limite l'enregistrement à 2160 intervalles : intervalle moyen $1:\beta = 11^{\text{mm}},78$.

Dans ces deux séries, la suite des intervalles mesurés est divisée en k groupes de $N = 10$ intervalles. Les intervalles de chacun des groupes sont classés d'après leurs grandeurs décroissantes y_j. Ce classement impose une corrélation que l'on caractérise, dans le cas de cette distribution présumée exponentielle, en calculant les moyennes m, les moments μ, et le coefficient de corrélation $r1/1$. Voici les résultats concernant ce coefficient, en désignant par $r1/1$ sa valeur théorique, $r'1/1$ la valeur observée et

---

[1] Séance du 13 décembre 1937.

[2] J. Thibaud, *Bull. Soc. fr. Phys.*, 8, n° 406, 1937, p. 94 S.

[3] M. Ferber, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 381.

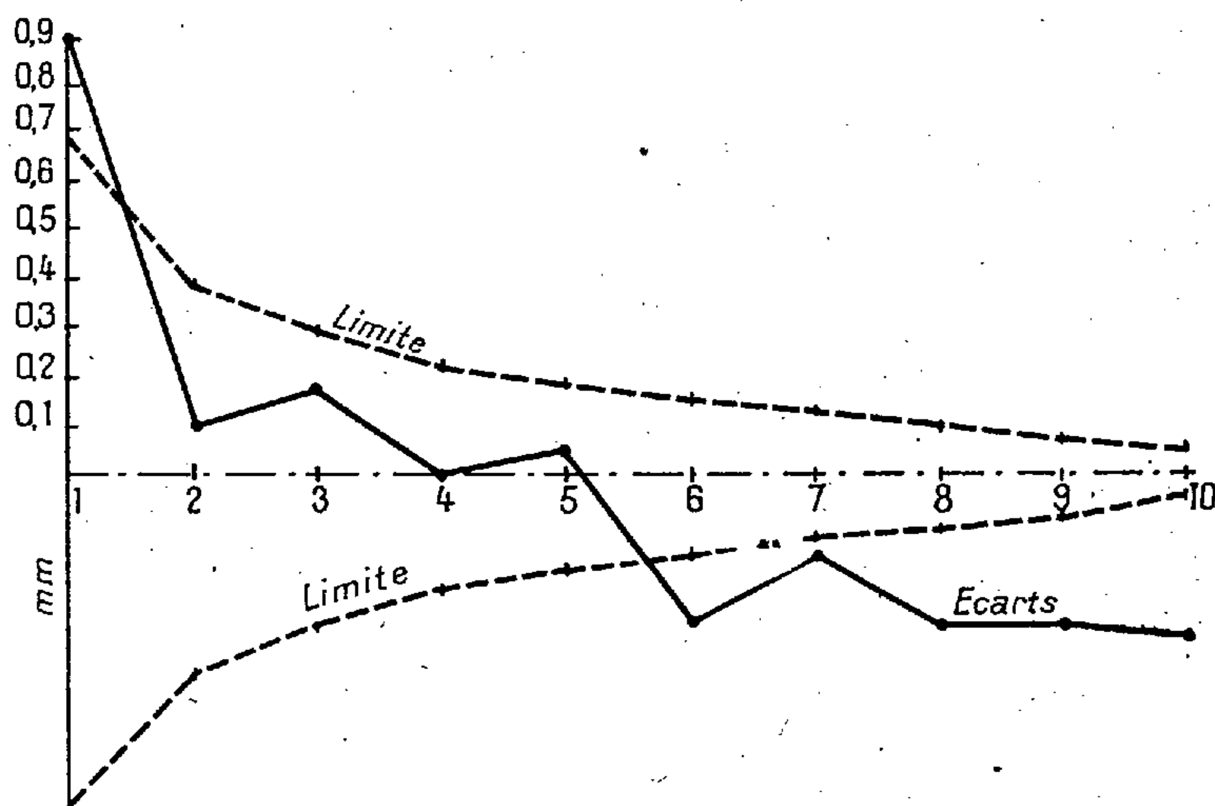
par $E(r' 1/1)$ l'espérance mathématique de la valeur observée pour le nombre fini de nos observations :

(*a*) $r 1/1 = -0,783350$, $E(r' 1/1) = -0,783350 \pm 0,000001$, $r' 1/1 = -0,781512$;
(*b*) $r 1/1 = 0,783350$, $E(r' 1/1) = -0,783350 \pm 0,000017$, $r' 1/1 = -0,790690$.

On a déterminé de même les moments μ, afin de calculer les limites entre lesquelles les valeurs doivent se tenir :

	Cas *a*.		Cas *b*.	
	Obs.	Théor.	Obs.	Théor.
μ 2/0...	696,4740	693,7956 ± 22,7811	144,8090	138,7684 ± 5,6920
μ 1/1...	— 59,240	— 59,265 ± 0,953	— 27,3295	— 26,5050 ± 0,5453

Ces résultats, et d'autres encore nous ont montré que : 1° dans le cas *a* (angle d'émission faible), l'accord entre la théorie et l'observation est excellent; 2° dans le cas *b* les valeurs observées dépassent les limites permises; nous pouvons alors connaître le sens de ces écarts en calculant les moyennes $m_{11}^{(\gamma)}$ pour les différents modes de groupage N. Le graphique



reproduit, à titre d'exemple, les écarts obtenus entre les moyennes théoriques et observées, ainsi que les limites permises. On constate que les grandes valeurs observées sont trop grandes et les petites trop faibles, tandis que les valeurs moyennes sont exactes. De plus, si l'on calcule les écarts quadratiques moyens $\sigma_0^{2(\gamma)}$, ces écarts dépassent les limites pour les valeurs moyennes (ce qui montre que l'exactitude des valeurs moyennes

précédente n'était due qu'à une compensation), tandis qu'ils s'y tiennent pour les grandes et les petites valeurs. Il reste à déterminer si ces déviations systématiques sont dues à des chaînes trop longues d'intervalles successivement courts (ou longs), ou plutôt à des successions trop fréquentes de paires d'intervalles courts-longs.

Ainsi une divergence n'apparaît que dans l'étude de l'émission totale d'un grain radioactif, sous l'aspect d'intervalles longs trop longs, et d'intervalles courts trop petits.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des propriétés des ions métalliques dans l'alcool.* Note de M. **Pierre Brun**, transmise par M. G. Urbain.

Nous avons signalé ([1]) les phénomènes électriques qui accompagnent la formation des alcoolats métalliques que l'on prépare par action directe des métaux sur les alcools, et nous avons montré que ce phénomène est identique à la dissolution d'un métal dans un acide.

Nous nous sommes proposé ensuite de déterminer les potentiels de décomposition des solutions alcooliques ainsi obtenues et les mobilités des ions métalliques qu'elles renferment. Pour déterminer les tensions de décompositions, nous avons adopté la méthode classique qui consiste à augmenter progressivement le potentiel aux bornes d'une cellule à électrolyse en notant les intensités des courants correspondants qui la traversent. Notre cellule, en verre pyrex, était enfermée dans un thermostat réglé à 30°. Elle était munie de deux électrodes de platine de 1^{cm^2}, distantes de 12^{mm}. La résistance intérieure de cet appareil étant de l'ordre de $10^5\omega$, nous ne pouvions employer un voltmètre ordinaire (résistance $10^3\omega$), et nous avons utilisé l'électromètre à quadrant, en le graduant par comparaisons avec une pile Standard Eppley. Entre 0,5 et 4 volts, les intensités des courants observés variant seulement entre 2 et 50×10^{-5} ampère, il en résulte que l'augmentation de l'inclinaison, au voisinage du point de décomposition, des courbes des variations de la fonction $I = f(V)$, que l'on peut tracer, n'est jamais aussi accentuée que dans le cas des solutions aqueuses, et la précision des mesures ne peut être aussi grande.

Pour des solutions dont les concentrations varient entre 0,004 et 0,15

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 315.

molécule d'éthylate par litre d'alcool, nous pouvons donner comme valeurs du potentiel de décomposition, 1,6 volts dans le cas du sodium et 1,5 volts dans le cas du potassium, nombres un peu plus faibles que ceux que donne Le Blanc ([2]), pour les tensions de décomposition des hydrates correspondants, en solution aqueuse (1,7 volt).

Les mobilités des ions de sodium et de potassium dans l'alcool ont été calculées indirectement par E. Thomas et E. Marum ([3]), à partir des conductivités de divers sels. Les nombres qu'ils donnent sont sensiblement inférieurs à ceux que l'on admet pour les mobilités des mêmes ions dans l'eau, aux mêmes températures et concentrations. Nous avons voulu mesurer directement les mobilités de ces ions seuls dans l'alcool, à partir de solutions d'éthylates dont les concentrations variaient entre 0,004 et 0,15 molécule par litre. Nous avons effectué l'électrolyse à 25°, dans un tube en U. Les quantités d'électricité étaient mesurées au moyen d'un voltamètre à iode. En fin d'opération un dosage permettait de connaître la quantité de métal dans chaque compartiment.

Nous avons trouvé pour la mobilité de l'ion sodium des valeurs moyennes comprises entre $U_{Na} = 0,34_9$ et $U_{Na} = 0,35_8$, et pour le potassium, des valeurs comprises entre $U_K = 0,43_9$ et $U_K = 0,44_3$, alors que, dans l'eau pour les chlorures correspondants, les *International Critical Tables* ([4]) donnent $U_{Na} = 0,404$ et $U_K = 0,498$. Nos résultats sont donc un peu plus faibles que ceux que l'on obtient dans le cas des solutions aqueuses, mais c'est un phénomène très général : les mobilités des ions sont plus grandes dans l'eau que dans les liquides organiques.

Nous avons voulu faire les mêmes déterminations sur les solutions de lithium dans l'alcool, mais le faible poids atomique de cet élément ne nous a pas permis d'obtenir des résultats suffisamment précis. En résumé, nous osons espérer avoir réussi à préciser un peu plus, par ces quelques mesures électriques, notre connaissance des similitudes qui existent entre les propriétés générales des alcoolats et des hydrates métalliques correspondants.

([2]) *Zeit. Phys. Chem.*, **15**, 1894, p. 267.
([3]) *Zeit. Phys. Chem.* (A), **143**, 1929, p. 191.
([4]) *International Critical Tables*, 6, p. 308.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la pénétration de l'eau dans le réseau de la cellulose. Réaction d'échange entre la cellulose et l'eau lourde.* Note de MM. **Georges Champetier** et **Rodolphe Viallard**, transmise par M. Georges Urbain.

Le mécanisme de l'absorption de l'eau par la cellulose a été souvent discuté. Pour certains auteurs, il ne s'agirait que d'une réaction d'adsorption dans les failles et lacunes que présentent les fibrilles cellulosiques. Pour d'autres, l'eau absorbée ne formerait qu'une couche de faible épaisseur à la surface des micelles ou des cristallites cellulosiques, ou bien ne pénétrerait que dans une zone superficielle peu profonde de ces régions cristallines. Un des principaux arguments en faveur de cette manière de voir est l'apparente identité des clichés de diffraction de rayons X de la cellulose sèche et de la cellulose imbibée d'eau.

Toutefois, l'un de nous a supposé précédemment que l'eau pénètre dans toute la masse cellulosique (y compris les régions où la cellulose se trouve ordonnée en réseau) et se fixe en partie sur les chaînes de groupes glucose, en donnant des composés d'addition analogues aux hydrates salins ou aux solvates (1).

Il est maintenant possible de confirmer cette hypothèse en utilisant les résultats fournis par la réaction d'échange de la cellulose et de l'eau lourde.

L'eau lourde s'est, en effet, révélée un excellent réactif des atomes d'hydrogène mobiles existant dans un composé chimique, par suite de la propriété que possèdent ces atomes de s'échanger avec l'isotope de masse 2 de l'hydrogène contenu dans l'eau lourde. Une telle réaction d'échange a été signalée par K. F. Bonhoeffer (2) dans le cas de la cellulose à la température de 100°.

Nous avons repris l'étude de cette réaction d'une manière systématique à diverses températures.

De la cellulose ($0^{g},3$) soigneusement desséchée a été placée dans de l'eau lourde (10^{cm^3}) à 99 pour 100 D^2O. La réaction d'échange a été suivie en fonction du temps en déterminant, par la méthode du flotteur, la densité de l'eau lourde recueillie par évaporation.

---

(1) G. Champetier, *Ann. Chim.*, **20**, 1933, p. 5.
(2) *Z. Elektrochem.*, **40**, 1934, p. 469.

Nous avons ainsi vérifié que l'échange porte effectivement sur 3 atomes d'hydrogène par groupe glucose.

A 100°, en présence d'un excès d'eau lourde, la réaction d'échange avec la cellulose de papier filtre sans cendres est complète en 13 heures. A la température de 30° la réaction est plus lente, l'échange n'est effectué totalement qu'en 24 heures. Avec la cellulose de linters de coton l'échange est moins rapide qu'avec la cellulose de papier filtre, mais toutefois la réaction est complète au bout de 36 heures, à la température de 30°.

Ces résultats sont conformes à ce que l'on peut prévoir de l'existence de trois hydroxyles par groupe glucose dans la cellulose. *Mais cela justifie que l'eau lourde a pénétré dans toute la masse cellulosique*, car, si l'eau ne formait qu'une couche à la surface des micelles cellulosiques, l'échange ne porterait que sur les hydroxyles superficiels, et l'on observerait expérimentalement un nombre d'atomes d'hydrogène échangés inférieur à 3.

Les propriétés physicochimiques de l'eau lourde étant très voisines de celles de l'eau ordinaire, on peut conclure de ces expériences que l'eau peut imbiber la totalité de la masse cellulosique. Par suite de leurs faibles dimensions, les molécules d'eau peuvent se glisser dans le réseau de la cellulose sans le déformer, l'écartement des chaînes cellulosiques étant suffisant; une partie de l'eau se fixe sur ses chaînes en donnant, dans le cas de la cellulose ordinaire, un hydrate dont la formule est bien celle donnée précédemment $2C^6H^{10}O^5.H^2O$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption par le charbon de sang du système acide acétique-eau.* Note de M. **Mathieu Dobine**, présentée par M. Georges Urbain.

Au cours des recherches que j'ai entreprises sur l'adsorption des systèmes ternaires, j'ai été amené à étudier l'adsorption dans le système eau-acide acétique depuis l'eau jusqu'à l'acide acétique glacial.

L'adsorption des solutions diluées a déjà fait l'objet de nombreuses recherches. Je me contenterai donc de ne donner ici que l'isotherme que j'ai obtenue, comparativement avec celle publiée par Freundlich (*fig.* 1); on verra qu'elles sont parallèles; les résultats concordent donc. Les valeurs des constantes α et n, dans l'équation $x/m = \alpha c^n$, sont respectivement 3,44 et 0,64.

En solution concentrée, en général, le phénomène a été peu étudié, en raison des difficultés d'analyse et aussi parce que l'adsorption du solvant intervient de telle sorte que les mesures directes ne représentent que l'adsorption apparente. Rares sont, en

particulier, les études des solutions concentrées aqueuses, et, encore, n'ont-elles abouti qu'à des résultats contradictoires. Ainsi G. Schmidt (¹) a étudié l'adsorption dans un système de concentrations variant de 1 à 90 pour 100, et il a trouvé que l'adsorption croît d'abord, et à partir d'une certaine concentration devient constante.

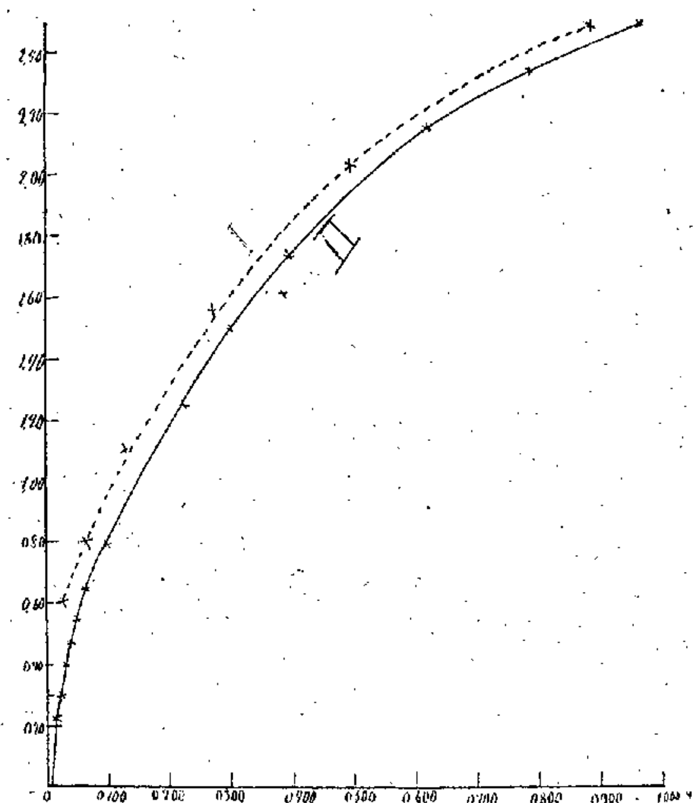


Fig. 1. — I, courbe de Freundlich.

abs. C, concentration d'équilibre en gr/mol; *ord.* $\frac{x}{m}$ — adsorption par gramme de charbon en gr/millimol.

Dora Schimidt-Walter (²) a contredit ces résultats en affirmant que l'adsorption passe par un maximum, et diminue ensuite sans toutefois devenir négative. Pour Williams (³) la courbe prend des valeurs négatives.

Par contre, Ostwald et Schulz (⁴) soutiennent que la branche négative dans le système eau-acide acétique n'a jamais été obtenue expérimentalement, les affirmations de Williams ne reposant que sur des considérations théoriques.

En présence de ces résultats, je me suis proposé d'étudier systématiquement le phénomène dans tout le domaine des concentrations. Pour voir si l'humidité du charbon n'intervient pas, j'instituais des séries d'expériences avec du charbon humide (19,5 à 22 pour 100 d'humidité) et parallèlement avec du charbon desséché à l'étuve à 120°-130° jusqu'à poids constant. Chaque essai portait sur 2ᵍ de charbon (humide ou soumis à la dessiccation) et 50$^{cm^3}$ de solution, gardés au thermostat pendant 1 ou 2 jours, bien que

(¹) *Z. ph. Chem.*, 74, 1910, p. 689.
(²) *Kolloid Zt.*, 2, 1914, p. 243.
(³) *Medd. Nobelinst.*, 2, 1913, p. 525.
(⁴) *Kolloid Zt.*, 36, 1925, p. 289.

l'équilibre fût atteint au bout de 1 ou 2 heures. Pour chaque concentration, 2 expériences étaient faites et pour chaque expérience 2 dosages avant et 2 après l'adsorption. Chaque dosage portait, au moins, sur 12-15$^{cm^3}$ de solution, et en prenant toutes les précautions possibles pour arriver à un maximum de précision (0$^{cm^3}$,01-0,02 sur 15$^{cm^3}$ de liquide). Les résultats sont consignés dans la figure 2.

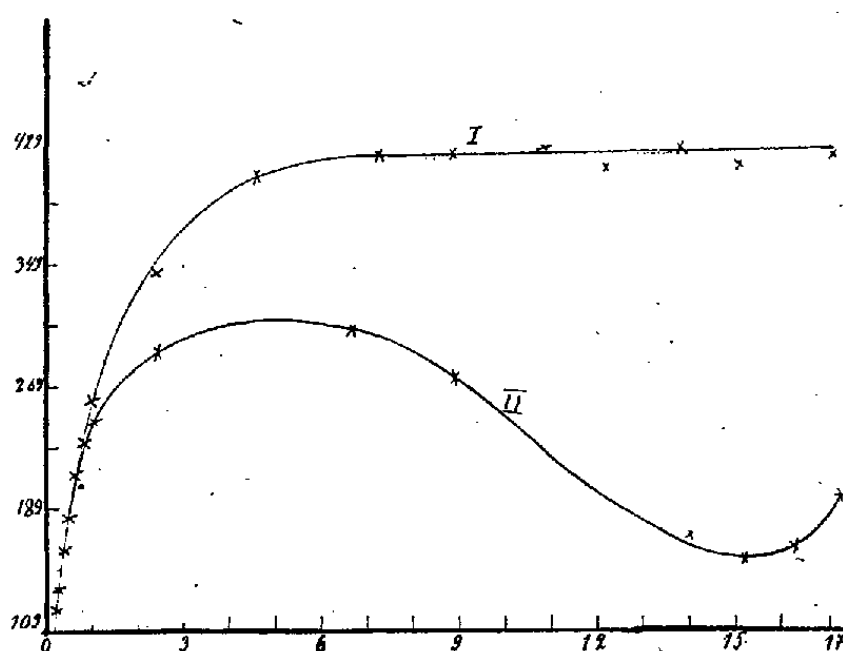


Fig. 2. — I, charbon non desséché; II, charbon desséché; *abs* et *ord.* comme pour fig. 1.

La courbe I se rapporte aux expériences faites avec du charbon humide. On voit que l'adsorption croît avec la concentration, pour atteindre une limite constante à partir de 4,6 N. La courbe II représente les expériences faites avec du charbon desséché; elle accuse un maximum environ à la même concentration de 4,6 N, puis descend progressivement pour se relever vers 16,2 à 17,3 N en prenant sensiblement la forme d'un S. La première concorde avec l'isotherme de G. Schmidt, alors que la seconde retrouve celle de D. Schmidt-Walter, d'une part, d'Ostwald et Schultre, d'autre part, dans le domaine des concentrations auxquelles se sont limités ces auteurs. On voit donc que ces deux isothermes, prétendues discordantes, correspondent en réalité à des conditions différentes.

Plusieurs séries d'expériences complémentaires ont été effectuées dans le but de savoir si la dessiccation ne changeait le pouvoir adsorbant du charbon. Chaque série comprenait une expérience faite avec du charbon humide et une autre avec du charbon desséché, mais le liquide dans ce dernier cas était additionné de la quantité d'eau qui avait été éliminée par la dessiccation. L'adsorption restait la même dans les deux cas, dans les limites d'erreur. Le pouvoir adsorbant du charbon n'a donc pas changé par la dessiccation.

En comparant les deux courbes I et II, on constate encore qu'aux basses concentrations, l'adsorption est presque la même dans le cas du charbon humide ou desséché. C'est ce qui explique pourquoi la plupart des auteurs qui n'ont étudié que les dissolutions diluées, n'ont pas attaché une grande importance à la question de l'humidité du charbon.

Les deux isothermes I et II nous permettent encore de distinguer entre l'adsorption apparente et l'adsorption vraie du corps dissous et du solvant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La correction d'adsorption dans la méthode des densités limites.* Note ([1]) de M. **Enrique Moles**, présentée par M. Auguste Béhal.

Le fait que les surfaces de verre peuvent retenir ou adsorber des couches minces de gaz a été signalé pour la première fois par Bellani de Monza en 1813 ([2]). L'influence de cette adsorption sur la détermination de la densité des gaz a été relevée par Lord Rayleigh et M. Travers, et plus particulièrement par Ph. Guye, G. Baume, A. Jaquerod ([3]) et d'autres, sans cependant donner lieu à une étude quantitative, puisqu'on considérait que l'ordre de grandeur de cette correction ne dépassait pas celui de l'erreur probable des mesures. Les premières recherches quantitatives sur cette correction, se rapportant au gaz chlorhydrique, ont été faites par Gray et Burt ([4]). D'autres mesures faites par d'autres chercheurs avaient fourni des résultats contradictoires.

La précision avec laquelle on fait à l'heure actuelle les déterminations des densités des gaz, soit par la méthode classique de Regnault, soit par les volumètres, ayant beaucoup augmenté ces dix dernières années, une étude systématique de la correction d'adsorption semblait souhaitable. En effet, comme nous l'avons montré récemment ([5]), la mesure de la pression, celle de la température et les pesées, comportent une précision de l'ordre de 1.10^{-5}; ce qui exige, même pour le cas des gaz

---

([1]) Séance du 13 décembre 1937.

([2]) *Bull. de Pharm.*, 5, 1813, p. 489.

([3]) Ph. A. Guye, *J. Chim. Phys.*, 5, 1907, p. 207; G. Baume, *J. Chim. Phys.*, 6, 1908, p. 55.

([4]) *Trans. Far. Soc.*, 7, 1911, p. 1.

([5]) *J. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 49.

dits peu condensables, qui sont en même temps les moins adsorbables, une correction d'adsorption. La méthode pour déterminer la correction d'adsorption ayant été décrite ailleurs, nous nous bornerons ici à rendre compte des résultats les plus récents qui montrent combien ladite correction est désirable. Les résultats obtenus en collaboration avec M. Crespi ([6]), ainsi que ceux de Burt et ses collaborateurs ont montré que le coefficient d'adsorption par centimètre carré de surface apparente est beaucoup plus grand pour les surfaces en verre soufflé ou moulé (ampoules, ballons) que pour celles de verre étiré (tubes, cylindres). Il y a aussi des différences assez considérables entre les surfaces de verre ordinaire de Thuringe et celles de verre d'Iéna, ce qui prouve que la surface calculée pour les premiers est moindre que la surface réelle. Les résultats peuvent être exprimés dans chaque cas par des formules exponentielles pareilles à celles établies par Freundlich pour l'adsorption de gaz ou des corps dissous par le charbon de bois. Dans le tableau suivant nous donnons un résumé de nos résultats obtenus avec Crespi.

	Quantité de gaz adsorbé par cm².		Correction rapportée à un litre et sous 760mm	Erreur sur la densité
Gaz.	($mm^3.10^{-3}$).	($mg.10^{-4}$).	(mg).	$\times 10^{-5}$.
O^2	39,0	0,55	0,026	1,3
CO	23,7	0,30	0,013	1,0
NO	47,0	0,64	0,030	2,25
C^2H^4	63,0	0,79	0,038	3,0
N^2O	62,6	1,29	0,059	3,0
CO^2	89,5	1,77	0,086	4,4
ClH	210,0	3,62	0,180	11,0
CH^3Cl	91,0	2,00	0,096	4,2
NH^3	483,0	3,72	0,180	23,4 ([7])
	150,0	1,15	0,061	6,7 ([8])
SO^2	290,0	7,50	0,400	13,8 ([7])
	126,0	3,65	0,194	6,7 ([8])
F^4Si	79,0	5,70	0,210	4,5

Les exemples suivants montrent combien il est nécessaire d'introduire la correction d'adsorption, ainsi que son influence sur la densité limite. Dans

([6]) *Anal. Fis. Quim.*, **24**, 1926, p. 210; **25**, 1927, p. 25; **27**, 1929, p. 108 et 522; **30**, 1932, p. 520.

([7]) Verre Thuringe.

([8]) Verre Iéna.

le tableau, p est la pression, Δ_3 l'erreur probable sur la moyenne et $\varkappa$ la correction d'adsorption.

	p (mm)	760.	570.	475.	380.
CO^2	Δ_3	0,30	0,70	1,5	$0,7 \cdot 10^{-5}$
	$\varkappa$	5,30	6,30	7,30	$7,90 \cdot 10^{-5}$
	p (mm)	760.	380.	266.	
NH^3	Δ_3	2,8	4,5	$2,0 \cdot 10^{-5}$	
	$\varkappa$	17,5	29,0	$33,0 \cdot 10^{-5}$	
	p (mm)	760.	570.	380.	
F^4Si	Δ_3	0,4	0,3	$0,2 \cdot 10^{-5}$	
	$\varkappa$	4,5	5,7	$5,9 \cdot 10^{-5}$	

Etant donné l'ordre de grandeur de la précision des mesures récentes, on est obligé d'introduire la correction d'adsorption même pour le gaz étalon oxygène. Voici encore quelques résultats qui montrent que les corrections utilisées sont tout à fait satisfaisantes :

Méthode.	Verre.	Jauge.	Densité normale.	Nombre de mesures.	Corr. d'adsorp.	Différence.
			Oxygène.			
Ballon	Thuringe	500 ml	$1,428941 \pm 0,000013$	(7)	$21 \cdot 10^{-6}$	
Volumètre.	Iéna	2350	$1,428937 \pm 0,000004$	(9)	4 »	$2,8 \cdot 10^{-6}$
			Anhydride carbonique.			
Ballon	Thuringe	500	$1,976938 \pm 0,000003$	(6)	100 »	
Volumètre.	Iéna	2350	$1,976932 \pm 0,000006$	(4)	18 »	3,0 »
			Anhydride sulfureux.			
Volumètre.	Thuringe	2500	$2,926520 \pm 0,000017$	(6)	300 »	
Volumètre.	Iéna	2350	$2,916575 \pm 0,000005$	(2)	140 »	19,0 »

On voit d'abord que les valeurs obtenues soit avec du verre de Thuringe, soit avec du verre d'Iéna, sont pratiquement identiques après la correction d'adsorption, et que cette dernière dépasse de beaucoup soit l'erreur probable, soit la différence entre les valeurs moyennes de la densité. Toutes les mesures de précision doivent donc dans l'avenir comporter la correction d'adsorption détermine par voie expérimentale dans chaque cas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'influence d'une orientation des particules colloïdales non sphériques sur leur vitesse d'agrégation.* Note (¹) de M. **Wilfried Heller** et Mlle **Germaine Quimfe**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans les solutions colloïdales à particules non sphériques il peut y avoir, à côté de la coagulation ordinaire une coagulation ordonnée (²). Celle-ci est caractérisée par une structure anisotrope des agrégats qui se forment. La tendance des particules à s'agréger est donc différente suivant les facettes. Il y aura ainsi des chocs plus favorables les uns que les autres, suivant la disposition des éléments qui s'agrègent (cette sélectivité s'ajoute d'ailleurs à une autre sélectivité indépendante de la forme des particules, qui provient de différences entre les énergies des chocs). On pourrait rendre compte de cette sélectivité des chocs en admettant que la charge statique des particules non sphériques n'est pas répartie d'une façon uniforme (³). Cette sélectivité des chocs, due à la disposition relative des particules, n'apparaît que si, par unité de temps, le nombre des chocs entraînant l'agrégation des particules r est très inférieur au nombre total R des chocs (coagulation lente), et elle s'accentue à mesure que r/R devient plus petit.

L'existence d'une coagulation ordonnée doit rendre possible l'effet suivant : lorsqu'on oriente les particules non sphériques d'un sol, le nombre des dispositions favorables à l'agrégation (R étant constant) devra croître, ce qui doit entraîner une accélération de la vitesse de la coagulation lente (⁴).

On peut évaluer l'effet accélérateur d'une orientation en supposant qu'il s'agisse de tablettes uniaxes soumises à l'action d'un champ magnétique, et dont l'aptitude à s'agréger est plus grande pour une des trois faces non identiques. Admettons pour simplifier que le mouvement de translation se fasse de telle façon que l'axe de la particule soit parallèle à l'un des trois axes rectangulaires choisis arbitrairement, et que ces trois axes soient les seuls axes de rotation de la particule. Admettons d'autre part que l'orientation des particules dans le champ soit parfaite : le champ directeur appliqué suivant l'un des axes supprime deux possibilités de rotation, il en résulte une

---

(¹) Séance du 13 décembre 1937.

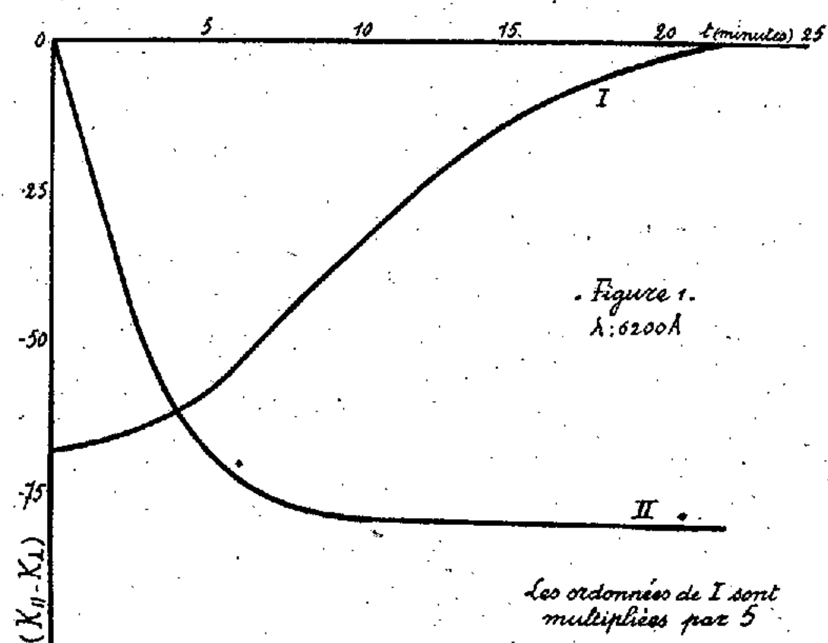
(²) W. Heller, *Journal Physical Chemistry*, 41, 1937, p. 1041.

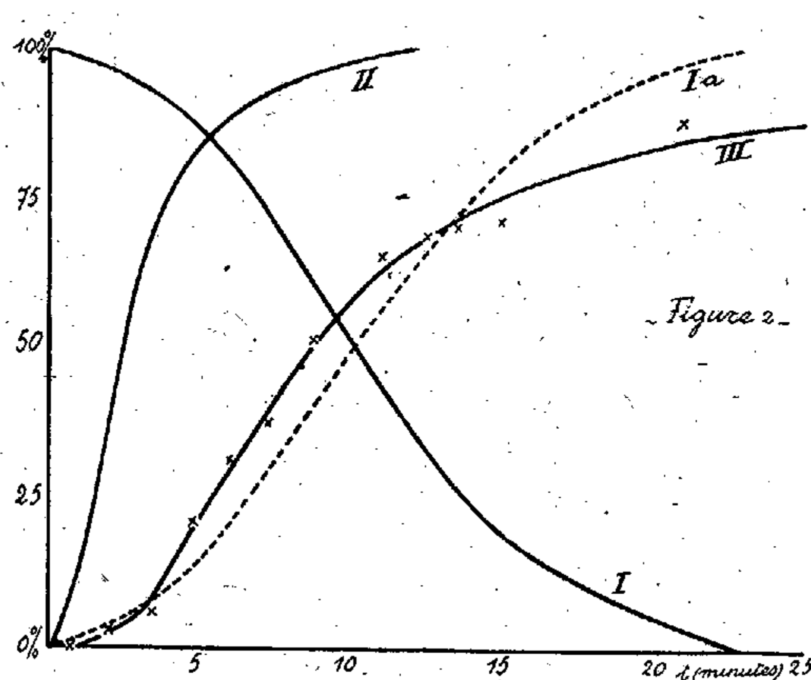
(³) *Voir* aussi H. Müller, *Koll. Beih.*, 27, 1928, p. 223.

(⁴) L'ordre des agrégats augmentera aussi ici à mesure que r/R diminue. Mais, pour obtenir un même ordre $(r/R)_{\text{Sol. ord.}}$ pourra être très supérieur à $(r/R)_{\text{Sol. n. ord.}}$.

augmentation du nombre des dispositions favorables à l'agrégation dans le rapport 2,4. La vitesse d'une coagulation lente doit donc être 2,4 fois plus grande dans le champ magnétique à condition que sa vitesse en dehors du champ soit telle que $r/R = 1/12$. Si l'on abandonne les simplifications faites plus haut, le rapport maximum doit être encore plus grand. Le phénomène sera donc très marqué dans le cas d'une bonne orientation des particules.

Nous avons cherché à vérifier cet effet d'orientation, mais nous n'avons essayé jusqu'ici qu'une vérification indirecte. Nous avons comparé les





temps après lesquels les particules lamellaires d'un sol thixotrope d'α FeOOH (5,44 pour 100 Fe) perdent leur mobilité, en les orientant ou non par un champ magnétique. Nous croyons bien avoir montré ([5]) qu'il y a au cours d'une solidification thixotrope une agrégation des particules et que le temps d'immobilisation des particules peut être considéré comme le temps après lequel la formation de ces agrégats (géloïdes) est terminée ([6]). Ce temps est donc une mesure de leur vitesse d'agrégation.

La figure 1 montre que l'immobilisation se fait en effet plus vite sous l'action du champ magnétique. Elle permet de comparer le dichroïsme qu'on peut provoquer t minutes après la liquéfaction de l'échantillon quand on le met alors dans le champ (courbe I, $H = 11\,000$ Gauss) au dichroïsme résiduel et permanent de l'échantillon soumis dès sa liquéfaction à l'action du champ, cela pendant t minutes (courbe II, 27600 Gauss). [Les courbes sont tracées d'après les courbes expérimentales de $K_{\parallel}$ et $K_{\perp}$]. Si le champ n'influait pas sur la vitesse d'immobilisation des particules,

([5]) W. HELLER et G. QUIMFE, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 857.
([6]) W. HELLER et G. QUIMFE, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1152.

la valeur définitive de la courbe II devrait être atteinte au bout du même temps que la valeur zéro de la courbe I. Or le rapport de ces deux temps est de 2,2. La figure 2 donne les mêmes résultats, mais les ordonnées représentent les centièmes de la valeur maxima des ordonnées des courbes précédentes. La courbe III représente l'augmentation de l'absorption du sol isotrope (4). La courbe I*a* est déduite de I par symétrie. On a encore comparé les temps après lesquels le sol ne coule plus lorsqu'on retourne le récipient (diamètre $0^{cm},95$). On a trouvé 31 ± 1 minutes en dehors du champ et 19 ± 1 minutes sous l'action d'un champ de 27600 Gauss. Le rapport est donc ici environ 1,6. La différence entre ce rapport et le premier (2,2) semble montrer que la fluidité d'un gel à particules orientées est plus grande que celle d'un gel à particules enchevêtrées.

Il sera nécessaire de tenir compte de cet effet accélérateur de l'orientation (qu'on pourrait appeler effet *tactocatalytique*), toutes les fois que, lors d'une coagulation, les particules non sphériques peuvent être en partie orientées. Il jouera encore son rôle dans le phénomène de l'accélération mécanique de la solidification thixotrope (*rhéopexie*) ([7]), quoique, à lui seul, il semble insuffisant pour l'expliquer.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la trempe et le recuit du verre d'anhydride borique.* Note ([1]) de M. **Édouard Rencker** présentée par M. Charles Fabry.

J'ai montré ([2]) qu'au-dessous de 260° environ, le volume d'un échantillon de verre d'anhydride borique dépend de son passé thermique. Toutefois, au bout d'une période d'évolution qui peut être très longue, le volume tend à chaque température vers une valeur fixe indépendante des états antérieurs. La figure 1 représente l'allure des variations de ce volume en fonction de la température. En réalité, on a porté en ordonnées les niveaux du mercure dans un dilatomètre à tige en cristal, contenant l'échantillon d'anhydride borique noyé dans du mercure, de sorte que la courbe représente la dilatation apparente du mercure ajoutée à celle de l'anhydride borique. Comme la dilatation du mercure et celle du cristal sont sensiblement linéaires en fonction de la température, on en déduit que la courbe représentant la

([7]) H. Freundlich et F. Juliusburger, *Trans. Far. Soc.*, **178**, 1936, p. 445.

([1]) Séance du 3 décembre 1937.

([2]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 980.

dilatation de l'anhydride borique est sensiblement formée de deux droites. S'il existe une courbe de raccordement entre ces deux droites, elle ne porte que sur quelques degrés, il y a donc pratiquement un point anguleux vers 207°.

Ce résultat ne diffère donc pas de l'aspect général des graphiques d'enre-

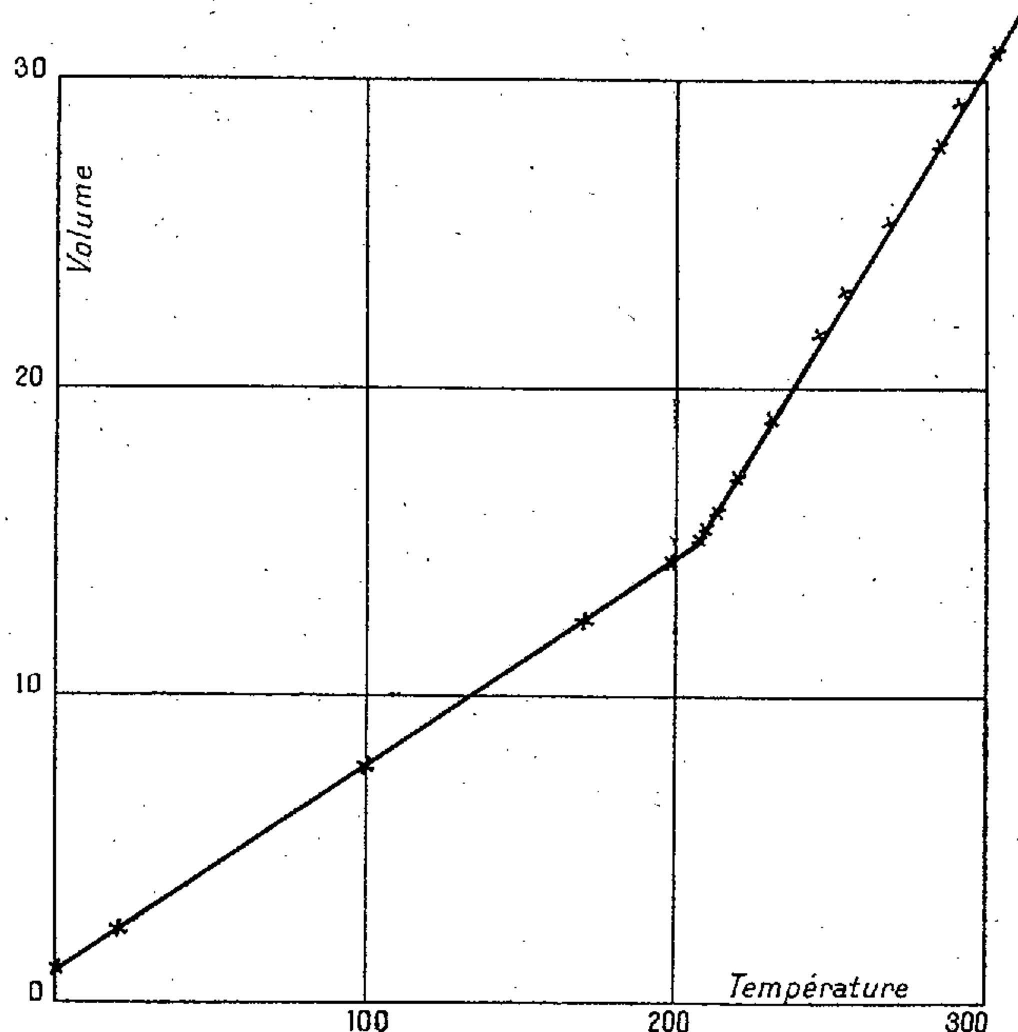


Fig. 1. — Volume final du verre à chaque température.

gistrement dilatométrique obtenus pour tous les verres. Dans ces expériences, le point anguleux a reçu le nom de *point de transformation*. Dans le cas de l'anhydride borique, les valeurs de la température de ce point données par différents auteurs sont assez discordantes, mais toutes supérieures à 207°. Ceci peut s'expliquer puisque la dilatation de l'anhydride borique recuit à basse température subit un retard au-dessus de 207°.

Après avoir réalisé le recuit à diverses températures, les dilatomètres à tige sont introduits dans la glace fondante après une trempe rapide par un jet d'air comprimé. On a porté (*fig.* 2) les volumes mesurés à 0° en fonction de la température du recuit précédant la trempe. Ici encore la température de 207° joue un rôle primordial; c'est la température maxima à partir de laquelle on peut tremper un verre recuit primitivement à basse température sans modifier ses propriétés. Si cette température a été

dépassée, le verre trempé présente toujours un résidu de dilatation. Le maximum de ce résidu est atteint pour 280° environ. Au-dessus, le résidu n'augmente plus, même si l'anhydride a été porté à une température beaucoup plus élevée (700°); il correspond alors à une diminution de la densité dépassant 2 pour 100.

Ce dernier résultat, ainsi que ceux que j'ai exposés récemment, s'accorde parfaitement avec l'interprétation donnée par Mme Winter-Klein [3] à ses mesures optiques. Il semblerait en effet que le verre d'anhydride borique puisse se présenter aux basses températures (inférieures à 207°) comme

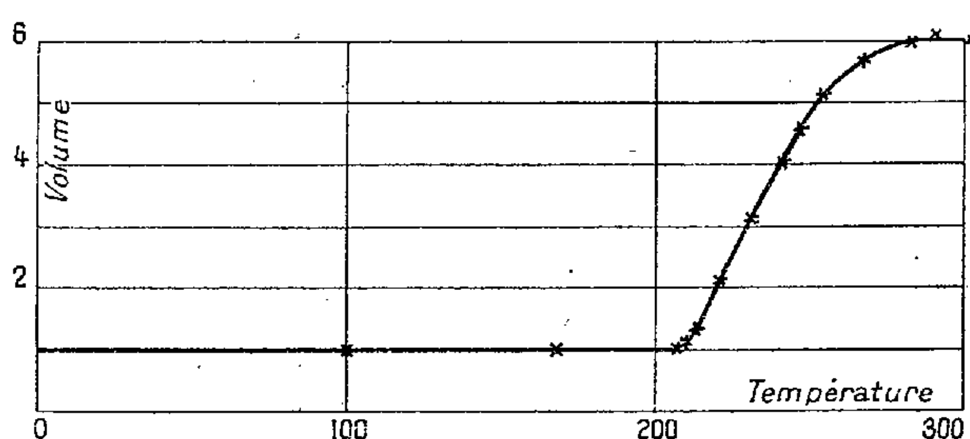


Fig. 2. — Variation du volume du verre trempé en fonction de la température de recuit précédant la trempe.

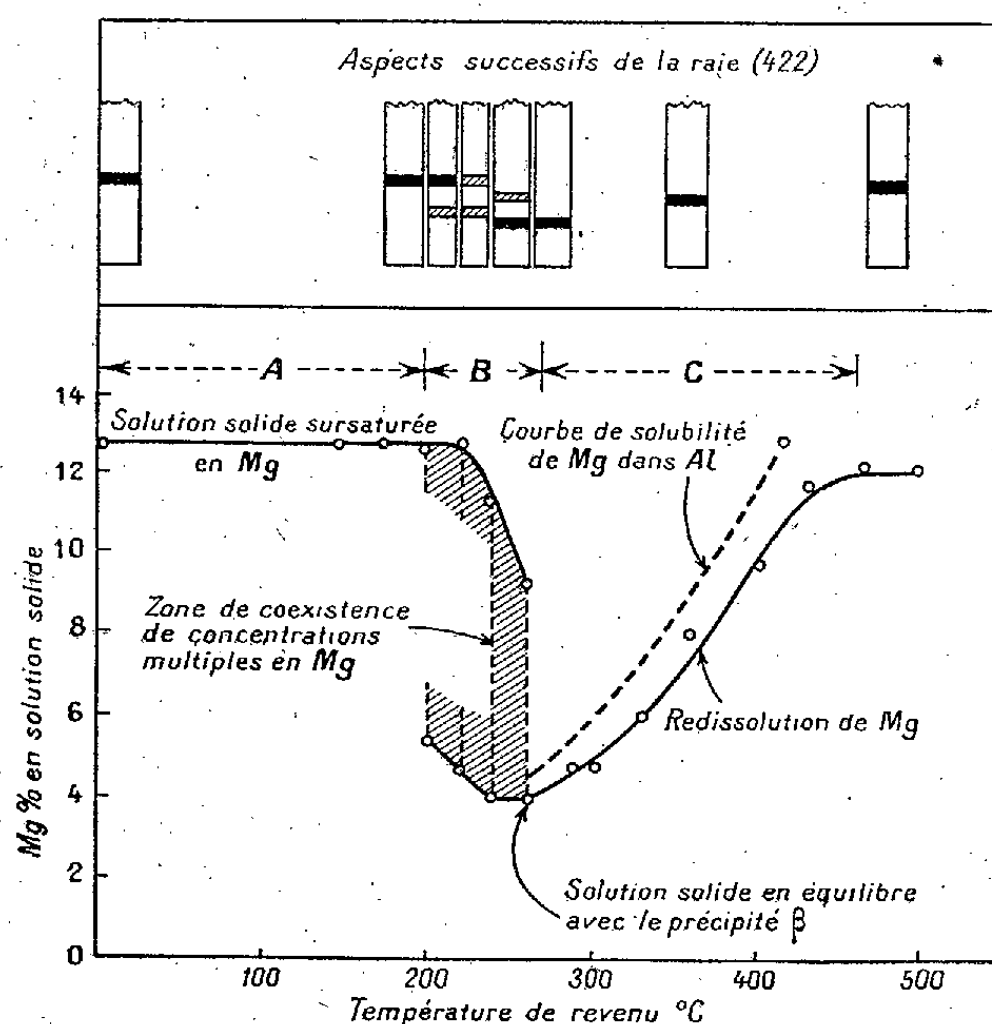
les verres d'optique sous deux formes différentes α et β, la forme β moins stable tendant à se transformer lentement en α. Entre 207° et 280° on pourrait observer l'équilibre entre les variétés α et β tandis que seule la variété β serait stable aux températures plus élevées. La courbe (1) toutefois ne paraît guère susceptible d'être interprétée de cette manière, car seule la température de 207° est marquée par un point anguleux.

Il faut remarquer de plus que les anomalies observées dans l'évolution des propriétés physiques de tous les corps vitreux se produisent dans le même intervalle de température que le ramollissement. Il semble donc qu'il s'agit ici de ce qu'on pourrait appeler les propriétés de la *fusion vitreuse*.

(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 180.

MÉTALLURGIE. — *Sur la loi de précipitation de la phase β par revenu d'un alliage aluminium-magnésium à* 12,70 *pour* 100 *de magnésium*. Note [1] de M. **Roger Michaud**, transmise par M. Jean Perrin.

Les alliages aluminium-magnésium à faible teneur en magnésium, trempés à partir d'une température élevée, sont constitués par une solution solide sursaturée en magnésium; ils laissent déposer, par revenu, le magnésium de sursaturation sous la forme d'une phase β.



Nous avons cherché à établir au moyen de la diffraction des rayons X l'allure de cette précipitation en fonction de la température du revenu.

Les essais ont porté sur un alliage aluminium-magnésium à 12,70 pour 100 de magnésium, *d'une grande pureté* (pourcentage total d'impuretés inférieur à 0,07), laminé, trempé à l'huile à 425°C.; les revenus, d'une durée constante de 10 minutes, ont été effectués sur des bâtonnets d'un diamètre de 5/10ᵉ de millimètre (destinés à la prise de diagrammes de Debye et Scherrer) à des températures croissantes, de 150 à 500°C. environ. La mesure des distances réticulaires permet de déter-

---

(1) Séance du 9 août 1937.

miner la quantité de magnésium restant en solution solide à chaque température de revenu, par application d'une courbe — précédemment établie — donnant la variation de la maille avec la proportion de magnésium en solution dans l'aluminium.

La figure donne la variation de la concentration en magnésium de la solution solide et de l'aspect de la raie (422) avec la température de revenu. On y remarque trois zones :

Zone A (jusqu'à 200°C.). — Solution solide sursaturée en magnésium, une seule concentration, une seule raie sur le diagramme.

Zone B (de 200 à 260°C.). — Coexistence de 2 solutions solides principales (2 raies d'inégale intensité s'inversant), l'une encore sursaturée mais à concentration décroissante, l'autre presque entièrement désursaturée et tendant vers une concentration d'équilibre. Vers la fin de la précipitation (240 à 250°C.) coexistent également toutes les concentrations intermédiaires entre les précédentes.

La précipitation achevée, il n'y a plus en solution solide qu'une seule concentration (une raie, mais décalée par rapport à la raie de la solution sursaturée).

Zone C (à partir de 260°C.). — La solution solide en équilibre redissout progressivement la phase β antérieurement précipitée, en suivant la courbe de solubilité du magnésium dans l'aluminium en fonction de la température (une seule raie se déplaçant progressivement).

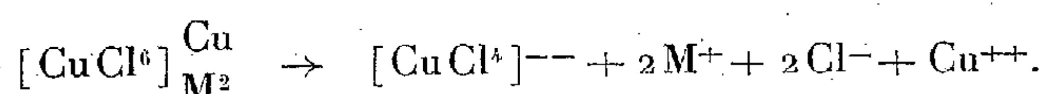
En résumé, la précipitation de la phase β par revenu des alliages aluminium-magnésium ne se fait pas par abaissement de la concentration en magnésium, simultanément et de la même quantité, dans tous les individus cristallins; chacun de ces individus cristallins suit une loi de précipitation qui lui est propre en fonction de la température, de telle sorte qu'il existe une gamme de températures dans laquelle coexistent toutes les concentrations intermédiaires entre la concentration initiale de sursaturation et la concentration finale d'équilibre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les cupritrichlorures et les cupritribromures.* Note de M. **Jean Amiel**.

A côté des cupritétrachlorures et des cupritétrabromures [1], on connaît des composés qui renferment trois atomes d'halogène par atome de cuivre

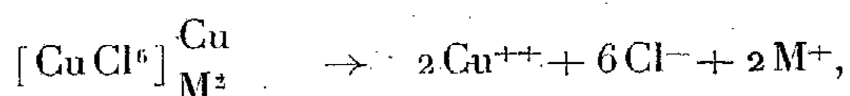
[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 138; 201, 1935, p. 964 et 1383.

bivalent; on les désigne habituellement par la notation $(CuCl^3)M$ ou $(CuBr^3)M$, M désignant le métal ou le radical de la base. Ce sont des complexes imparfaits, plus instables que les cupritétrahalogénures; néanmoins il me paraît logique et commode de doubler les formules et de les considérer comme des cuprihexahalogénures du type $[CuCl^6]^{Cu}_{M^2}$ ou $[CuBr^6]^{Cu}_{M^2}$. Ce faisant, il suffit d'adopter pour le cuivre bivalent les seules coordinences 4 et 6 pour classer facilement ces complexes. De plus, ces formules rendent compte plus simplement des propriétés chimiques. Par exemple, dans l'acétone, on observe la dissociation



$$[CuCl^6]^{Cu}_{M^2} \rightarrow [CuCl^4]^{--} + 2M^+ + 2Cl^- + Cu^{++}.$$

Effectivement, si l'on ajoute un excès d'éther, il y a précipitation d'un cupritétrachlorure jaune et de chlorure cuivrique. Dans l'eau, la dissociation est plus complète et l'on a finalement

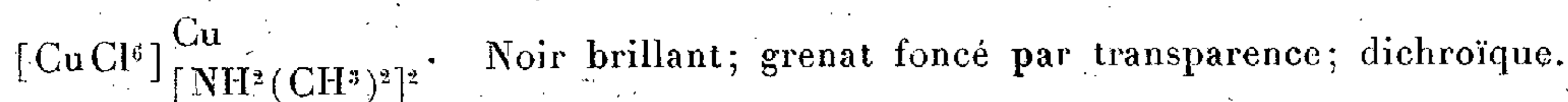


$$[CuCl^6]^{Cu}_{M^2} \rightarrow 2Cu^{++} + 6Cl^- + 2M^+,$$

il doit donc y avoir intérêt, pour préparer les cupritrichlorures, à employer un excès de chlorure cuivrique et un excès d'hydracide; c'est bien ce que l'expérience vérifie.

Notons que les réactions de dissociation indiquées ici ne sont que des schémas simplifiés; les études physico-chimiques que j'entreprends permettront de compléter les indications qu'on possède déjà sur la dissociation des cuprihalogénures dans divers solvants.

Cupritrichlorures. — On connaissait déjà les cupritrichlorures de potassium (²), (³) et de cæsium (⁴). J'ai isolé avec la diméthylamine, la tripropylamine, la pyridine et la pipérazine les composés suivants :



$[CuCl^6]^{Cu}_{[NH^2(CH^3)^2]^2}$. Noir brillant; grenat foncé par transparence; dichroïque.

(²) GRÖGER, *Z. anorg. Chem.*, **19**, 1899, p. 328.

(³) CHRÉTIEN et WEIL, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **2**, 1935, p. 1577.

(⁴) WELLS et DUPRE, *Amer. Journ. Science*, **47**, 1894, p. 94; DUCLAUX, *Anal. Assoc. Quim. Argentina*, **9**, 1921, p. 215.

Lames ou plaques en forme de parallélogrammes. $d_{13^\circ}=1,94$.

$[CuCl^6]^{Cu}_{[NH(CH^2-CH^2-CH^3)^3]^2}$. Brun verdâtre. Petits prismes.

$[CuCl^6]^{Cu}_{(C^5H^5NH)^2}$. Noir brillant; grenat par transparence. Aiguilles prismatiques. $d_{13^\circ}=2,00$.

$[CuCl^6]^{Cu}_{[NH^2C^4H^8NH^2]}$. Noir; dichroïque. Petits prismes. $d_{12^\circ}=2,25$.

Les cupritrichlorures peuvent donner des hydrates qu'on écrivait : $(CuCl^3)M, 2H^2O$, sels verts pour lesquels je propose la notation $[CuCl^6][Cu(H^2O)^4]M^2$. On connaissait ces hydrates pour le lithium ([5]) et le potassium ([3]), et j'ai obtenu avec la triméthylamine le composé

$[CuCl^6]^{[Cu(H^2O)^4]}_{[NH(CH^3)^3]^2}$. Vert. Prismes ou grosses aiguilles prismatiques. $d_{14^\circ}=1,74$.

Ce corps perd facilement son eau dans le vide et donne un composé rouille qui, à l'air humide, reprend son eau en verdissant, puis tombe en déliquescence.

Les cupritrichlorures anhydres sont noirs, grenats par transparence. Ils sont insolubles dans l'éther, le chloroforme, le tétrachlorure et le sulfure de carbone, le benzène, le toluène, le xylène. Les solutions dans l'acétone sont jaune foncé et les solutions alcooliques jaune vert. L'éther précipite de ces liqueurs des cupritétrachlorures.

Cupritribromures. — Par analogie avec les cupritrichlorures correspondants j'écrirai, au lieu de $(CuBr^3)M$, $[CuBr^6]^{Cu}_{M^2}$. On connaissait les cupritribromures de lithium ([6]), de potassium ([6]) et de cæsium ([7]) et j'ai isolé avec la triméthylamine et la pipérazine :

$[CuBr^6]^{Cu}_{[NH(CH^3)^3]^2}$. Noir. Fines aiguilles prismatiques. $d_{14^\circ}=2,42$.

$[CuBr^6]^{Cu}_{[NH^2C^4H^8NH^2]}$. Noir. Courtes aiguilles prismatiques. $d_{14^\circ}=3,05$.

Les cupritribromures sont noirs, insolubles dans l'éther, le chloroforme, le tétrachlorure et le sulfure de carbone, le benzène et le toluène, extrêmement peu solubles dans le xylène. Les solutions dans les alcools sont jaunes; dans l'acétone elles sont d'un vert intense; l'éther ajouté en excès

([5]) MEYERHOFFER, *Sitzber. Akad. Wien*, **101**, 1892, p. 599.
([6]) SABATIER, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **11**, 1894, p. 676.
([7]) WELLS, *Amer. Journ. Science*, **44**, 1892, p. 221 et 311; **47**, 1894, p. 94.

à ces liqueurs provoque un trouble violet, puis la formation de petits cristaux noirs.

Remarque. — Il est intéressant de constater la grande analogie de ces complexes avec les cupritrihalogénures de nickel bivalent que j'ai isolés ([8]); ceux-ci s'écriront $[NiCl^6]^{Ni}_{M^2}$ et $[NiBr^6]^{Ni}_{M^2}$. Mais le nickel, à la différence du cuivre, est rarement tétracoordiné; on a vu qu'il ne m'a pas été possible d'obtenir des nickelotétrahalogénures et que les hydrates sont du type $[NiCl^6]^{[Ni(H^2O)^6]}_{M^2}$, ou $[NiBr^6]^{[Ni(H^2O)^6]}_{M^2}$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Méthode simple pour déterminer directement la masse des corps gazeux dans les conditions normales.* Note de M. **André Chrétien**, transmise par M. Georges Urbain.

J'ai imaginé, il y a plusieurs années, une méthode de pesée hydrostatique applicable à tous les gaz solidifiables à — 182°.

Le gaz est amené dans un collecteur (*fig.* 2) partiellement immergé dans

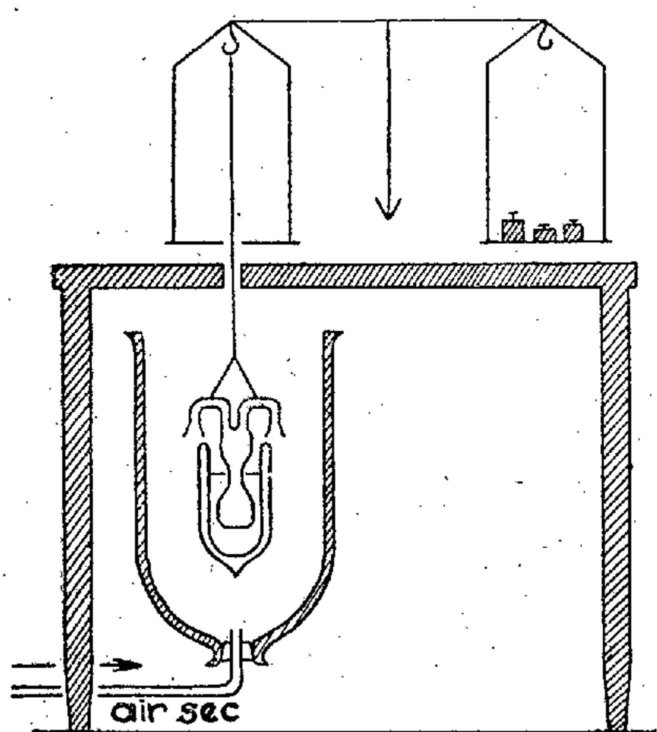


Fig. 1.

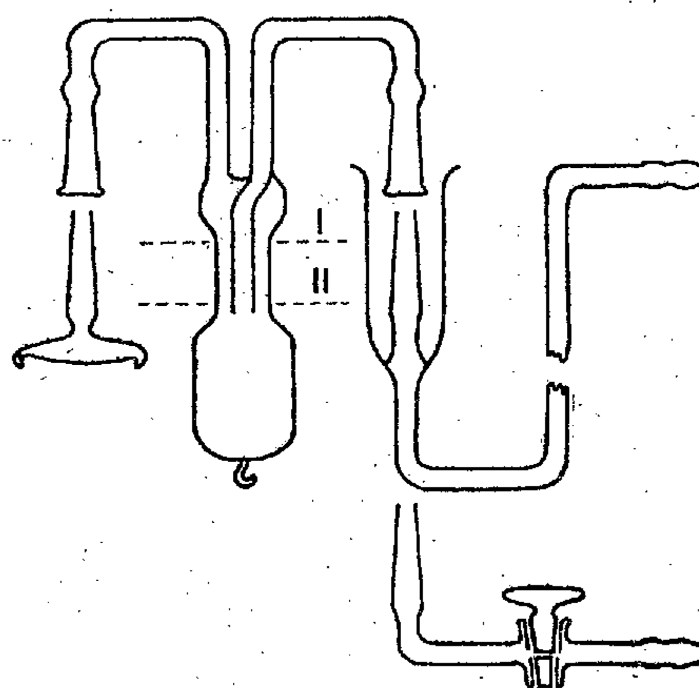


Fig. 2.

de l'oxygène liquide et suspendu à un plateau d'une balance de précision non amortie. Il s'y solidifie. On évite la formation de givre en opérant dans une cloche renversée, traversée par un lent courant d'air séché et décarbonaté, soufflé par une trompe à eau (*fig.* 1).

([8]) *Comptes rendus,* **201**, 1935, p. 1198.

Une double pesée donne la masse apparente du gaz solidifié, qui est supérieure à la masse réelle. En effet, la poussée hydrostatique diminue pendant la pesée, par suite de l'évaporation de l'oxygène liquide. J'ai essayé d'éviter ce phénomène perturbateur par différents artifices, dont la compensation par une poussée de même grandeur agissant sur l'autre plateau, sans aboutir à une solution efficace. Il est bien préférable d'utiliser une correction.

Si la surface d'évaporation est invariable, la diminution de la poussée est proportionnelle au temps, dans des conditions expérimentales fixées. Ce résultat est atteint avec un collecteur cylindrique dans la partie immergée; pendant la pesée, le niveau du liquide reste compris entre les lignes I et II. La correction consiste à retrancher de la masse apparente la diminution de la poussée pendant la pesée. On établit la droite de correction en notant la masse enlevée pour rétablir l'équilibre à une série de temps donnés, le tube étant mis en place plein d'air, puis taré. L'opération permettant de déterminer la masse d'un gaz consiste donc à faire une double pesée et à compter sa durée. Pratiquement, on déclenche un compteur de temps au moment où le gaz est admis dans le collecteur, et on l'arrête lorsque l'équilibre de pesée est réalisé.

La tubulure amenant le gaz s'applique par un rodage sur le collecteur. On ferme la sortie du collecteur par un obturateur rodé si le gaz solidifié a une tension de vapeur gênante à — 182°. Sinon, la pesée se fait en vase ouvert.

Pratiquement, l'erreur due à la variation de la vitesse d'évaporation de l'oxygène liquide par substitution d'un gaz à un autre s'est montrée négligeable, ce qui permet d'utiliser la même droite de correction pour un collecteur donné. Ainsi, l'ammoniac, corps à chaleur de fusion très élevée, donne une précision comparable à celle obtenue avec le gaz chlorhydrique, dont la chaleur de fusion est pourtant 10 fois moindre environ.

J'ai mis cette méthode à l'épreuve pour des gaz minéraux variés, soigneusement purifiés, dont la température d'ébullition normale se place de — 10° à — 150°C., avec l'aide de mes élèves G. Varga et G. Œchsel (1).

Le gaz solidifié pesé était réchauffé à 20° et conduit dans un système absorbant taré (pour le gaz N^2O, l'absorbant fut du charbon actif refroidi à — 60°). De nombreuses expériences ont été faites. Voici des nombres :

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 2, P. V., 1935, p. 946; G. Varga, *Thèse d'Université*, Strasbourg, 1936.

	Masse apparente.	Durée de la pesée.	Diminution de poussée.	Masse réelle pesée directe.	Masse réelle pesée par absorption.	Erreur pour 100.
	g	min	g	g	g	
SO^2	4,050	5	0,300	3,750	3,747	–0,08
NH^3	1,600	3	0,180	1,420	1,419	0,07
	9,950	5	0,300	9,650	9,642	0,08
H^2S	1,250	3	0,180	1,070	1,069	0,05
	9,720	10	0,600	9,120	9,116	0,04
HCl	0,640	2	0,120	0,520	0,5185	0,3
	19,300	40	2,400	16,900	16,873	0,16
CO^2	2,500	10	0,600	1,900	1,897	0,14
	9,200	10	0,600	8,600	8,594	0,07
N^2O	1,350	5	0,300	1,050	1,0482	0,16
	11,400	10	0,600	10,800	10,790	0,09
NO	1,375	5	0,300	1,300	1,298	0,16
	6,492	10	0,600	5,892	5,884	0,14

La méthode de pesée hydrostatique des gaz solidifiés, d'un emploi très étendu, est facile à conduire avec une installation simple. Sa précision atteint 1 pour 1000 pour une masse d'un gramme au moins; elle est encore supérieure à 1 pour 500 pour une masse moitié. Ces qualités doivent permettre à cette méthode d'apporter une solution pratique à un problème de technique des gaz.

Jusqu'alors, seule la méthode volumétrique de G. Baume ([2]) permettait de déterminer la masse d'un gaz dont la tension, à l'état liquide dépasse 6^{atm} environ à 15°. Mais cette élégante méthode nécessite la connaissance précise de divers facteurs physiques, et utilise un appareil tenant le vide. Élaborée au laboratoire de Ph. Guye, où l'étude quantitative des mélanges gazeux connut un remarquable épanouissement, elle est d'une application délicate.

Avec notre méthode, la pesée de l'oxyde azotique solide à —182° (tension de vapeur 4^{mm} Hg), est aussi facile que celle de l'eau à 15°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Chlorocarbonate neutre de magnésium.* Note de Mme **Léone Walter-Lévy**, transmise par M. Georges Urbain.

L'existence d'un chlorocarbonate basique de magnésium Cl^2Mg, $2CO^3Mg$, $Mg(OH)^2$, $6H^2O$ a été précédemment établie ([1]). Nous avons

([2]) *Comptes rendus*, **148**, 1909, 1932; *J. Chim. Phys.*, **10**, 1911, p. 245 et 285.

([1]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1943.

pu, depuis, mettre en évidence celle d'un chlorocarbonate neutre de magnésium.

Ce dernier composé, comme le sel basique, se forme au sein de solutions très concentrées de chlorure de magnésium, par addition de faibles quantités de carbonate ou de bicarbonate de potassium, ou encore de carbonate ou de bicarbonate de magnésium. Le sel neutre prend naissance à la température ordinaire alors que le sel basique précipite à la température d'ébullition des solutions.

Le chrorocarbonate neutre de magnésium, qui se présente au microscope sous forme de longues aiguilles, est caractérisé par un spectre de rayons X nouveau.

Nous avons pu définir ce composé en déterminant des paliers de composition fixe des phases solides en fonction de la concentration des réactifs. Afin d'éviter la précipitation de chlorure de potassium, insoluble dans les solutions très concentrées de chlorure de magnésium, nous avons spécialement étudié l'action des solutions de bicarbonate de magnésium sur les solutions de chlorure de magnésium ([2]).

Des quantités croissantes de solution de bicarbonate, de titre variable, ont été ajoutées à du chlorure hexahydraté. La dissolution du chlorure s'accompagnait d'un dégagement de gaz carbonique. Les phases solides qui précipitaient lentement au sein des solutions ainsi obtenues, ont été lavées à l'alcool, l'éther, séchées à poids constant sous vide sec ([3]) et analysées chimiquement.

Les résultats obtenus montrent que le domaine de formation du chlorocarbonate neutre de magnésium se limite aux très fortes concentrations en chlorure de magnésium : depuis la saturation (4,8 mol/lit) jusqu'à 3,8 mol/lit. Les concentrations moins élevées en chlorure entraînent la formation lente, soit du carbonate normal CO^3Mg, $3H^2O$, soit de composés basiques mal définis, selon que le titre en bicarbonate des solutions est plus ou moins élevé.

Dans les solutions les plus concentrées en chlorure et en bicarbonate (4,8 à 4,2 mol/lit et 0,12 à 0,06 mol/lit), le chlorocarbonate précipite complètement au bout de 2 jours et il s'y conserve sans altération, tout au moins pendant une durée de deux mois.

([2]) L'étude pourrait aussi être effectuée à partir du carbonate normal CO^3Mg $3H^2O$ et de solutions de chlorure de magnésium.

([3]) La dessiccation à l'air très sec, ou sur de l'acide sulfurique concentré, conduit au même résultat que la dessiccation rapide sous vide sec.

Nous donnons ci-dessous le résultat des analyses chimiques relatives aux paliers de composition fixes des phases solides.

Les rapports stoechiométriques Cl^2/Mg, CO^2/Mg et H^2O/Mg obtenus sont respectivement très voisins des valeurs 0,500, 0,500 et 3,50. Ils permettent d'attribuer au chlorocarbonate neutre de magnésium formé à la température ordinaire, dans les solutions très concentrées de chlorure de magnésium, la formule $Cl^2Mg, CO^3Mg, 7H^2O$.

Volume de solution de $(CO^3H)^2Mg$ mis en œuvre pour 1kg de $Cl^2Mg, 6H^2O$.	Titre de la solution de $(CO^3H)^2Mg$ (en mol/lit).	Durée des essais.	Composition chimique des précipités		
			$\frac{CO^2}{Mg}$.	$\frac{Cl^2}{Mg}$.	$\frac{H^2O}{Mg}$.
400........	0,30	2 jours	0,488	0,501	3,58
		2 mois	0,491	0,494	3,65
400........	0,15	2 jours	0,497	0,502	3,57
		2 mois	0,498	0,502	3,52
400........	0,075	2 jours	0,504	0,499	3,49
500........	0,30	2 jours	0,491	0,498	3,51
		2 mois	0,497	0,503	3,63
500........	0,15	2 jours	0,491	0,498	3,42
666........	0,30	2 jours	0,498	0,495	3,51

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de l'hexahydrate de l'aluminate tricalcique.* Note (1) de MM. **Alexandre Travers** et **Hamid Zahabi**, présentée par M. Robert Lespieau.

La préparation de l'hexahydrate de l'aluminate tricalcique *pur* est assez délicate comme en témoignent les nombreuses méthodes déjà décrites dans la littérature. Le rendement de l'opération est surtout déplorable.

Un de nos collaborateurs, Pierre Leduc (2), a indiqué une méthode assez pénible : ébullition prolongée à l'abri de CO^2 d'une solution d'eau de chaux, de concentration inférieure à la saturation à 100°, c'est-à-dire très faible, renfermant en suspension des grains *très fins* d'aluminate *monocalcique* anhydre. Le rendement de l'opération est très faible, et l'on n'est jamais certain que la transformation des grains de $Al^2O^3.CaO$ se soit faite complètement.

(1) Séance du 6 décembre 1937.

(2) *Thèse, Nancy*, 1934, p. 18.

La plupart des auteurs ([3]) sont partis au contraire de l'aluminate *tricalcique anhydre*, dont la préparation est elle-même très délicate, en raison de son instabilité avant fusion. D'ailleurs l'hydratation de ce corps, accompagnée d'un phénomène thermique important, se fait avec prise en masse, formation d'une croûte superficielle dure, qui ralentit la diffusion de l'eau à l'intérieur des grains.

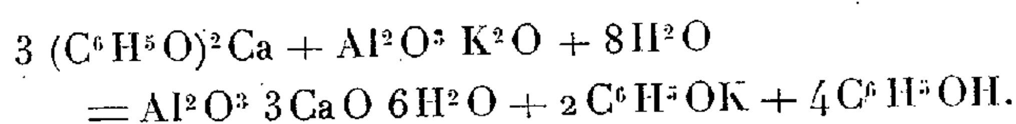
Nous avons cherché à obtenir cet hydrate en milieu *homogène*, en partant de *solutions* des matières premières. Le procédé que nous décrivons permet de préparer rapidement, en une seule fois, et à l'état de pureté, des poids importants de l'ordre de plusieurs dizaines de grammes de ce corps.

On utilise une solution de *phénate de chaux*, obtenue par agitation, à l'abri de CO^2, d'une solution aqueuse de phénol (60^{gr} dans un litre d'eau) avec un excès de chaux solide pure, provenant de la calcination de C^2O^4Ca ou de CO^3Ca; on s'assure que tout le phénol est bien neutralisé; dans l'affirmative une goutte de KOH à 5 pour 100 donne immédiatement un trouble laiteux de $Ca(OH)^2$. Le pH d'une telle solution de phénate est voisin de 11. Sa teneur en CaO est de l'ordre de 18^{gr} par litre.

Dans la solution précédente, filtrée et amenée à l'ébullition, on verse goutte à goutte une solution assez concentrée d'aluminate de potasse $Al^2O^3\ K^2O\ 3H^2O$, additionnée d'un excès calculé d'alcali qui sera indiqué plus loin. L'opération est faite dans un ballon surmonté d'un réfrigérant ascendant et muni d'une garde de CO^2.

Il précipite immédiatement de l'hexahydrate cubique très pur, dont les cristaux grossissent par une ébullition de 15 à 30 minutes.

La réaction s'écrit



$$3\,(C^6H^5O)^2Ca + Al^2O^3\,K^2O + 8H^2O$$
$$= Al^2O^3\,3CaO\,6H^2O + 2\,C^6H^5OK + 4C^6H^5OH.$$

La quantité d'alcali libre à ajouter est calculée d'après le poids de phénol formé dans la réaction. Sans cette addition, en effet, le phénol libéré abaisse le pH de la solution (la solution normale de phénol a un pH de 4,8 à la température ordinaire), et de l'alumine précipitée par suite de l'hydrolyse de l'aluminate.

([3]) Klein et Philipps, *Techn. Pap. of Bureau of Standards*, n° 43, 1916; Pulfrich et Linck, *Koll. Ztg*, 34, 1924, p. 117; Thorvaldson, *Canad. J. of Research*, 1, 1929, p. 42, 140, 202 et 205.

La solution de phénate de potasse ainsi formée assure le pH de stabilité des solutions d'aluminate tricalcique (> 11,3).

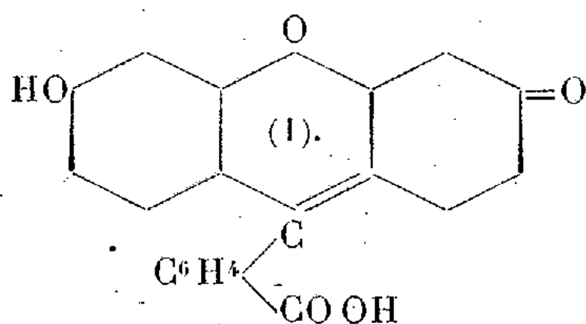
Le produit obtenu est tout à fait pur et correspond, à 1/300ᵉ près, à la composition théorique $Al^2O^3 3 CaO 6H^2O$.

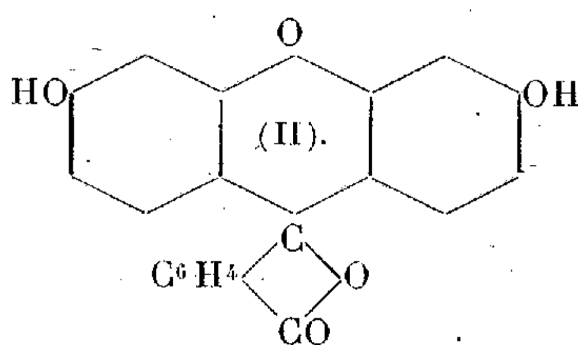
On peut substituer à l'excès d'alcali libre, une solution de phénate de potasse : on emploiera 2ᵐᵒˡ de ce sel pour 1ᵐᵒˡ du phénate de chaux; on réalise dans ce cas encore le pH convenable à la préparation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption des colorants. Formes isomères de la fluorescéine.* Note de Mᵐᵉ **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Georges Urbain.

Après avoir discuté les relations qui existent entre la structure des colorants et leur absorption dans l'ultraviolet puis dans le visible [1], j'ai fait, dans ce sens, des recherches dans la série de la fluorescéine.

D'après sa constitution, en utilisant les formules classiques de la Chimie organique, la fluorescéine peut être représentée soit par la formule (I) (quinoïde), soit par la formule (II) (lactoïde). On est d'accord pour attribuer aux sels métalliques de cette substance la forme quinoïde, mais sa structure à l'état libre est encore discutée.



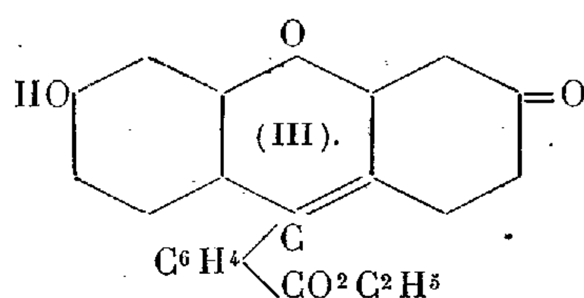


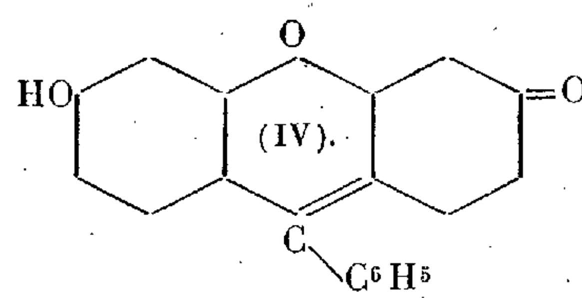
Les recherches faites sur les spectres des corps organiques dans l'ultraviolet ont montré que la différence d'absorption entre un acide et son ester ou son sel alcalin est faible; il en est de même entre un phénol et son éther alcoylé. Ceci conduisait à penser que la connaissance des spectres des éthers correspondant à la forme quinoïde (I) d'une part, et à la forme lactoïde (II) d'autre part, doit permettre de fixer la structure de la fluorescéine. Le diéther lactoïde doit, en effet, être incolore dans le visible et avoir sensiblement la même absorption que (II) alors que les spectres des mono

[1] Mᵐᵉ Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 864.

et diéthers quinoïdes (lesquels sont colorés dans le visible) doivent être semblables à celui de (I).

Un raisonnement semblable peut s'appliquer aux sels de la fluorescéine.





On ne connaît que deux variétés de fluorescéine : une jaune et une rouge. Le fait qu'elles sont colorées dans le visible donnait à penser que l'une et l'autre ont une forme quinoïde. J'ai constaté que, dans un même solvant, ces deux variétés possèdent des spectres très voisins. Je donne ici

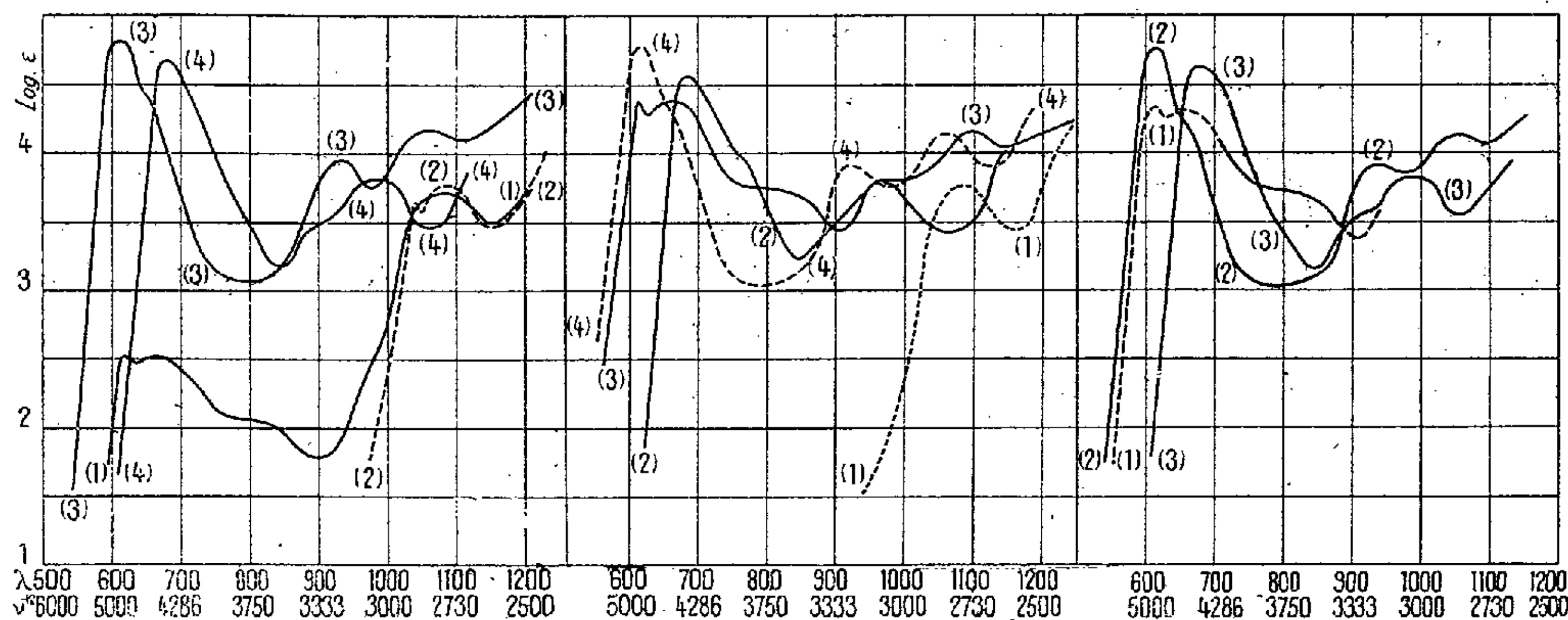


Fig. 1. — Fluorescéine : dans $CH^3.CH^2.OH$ (1), dans l'éther (2), dans CO^3Na^2 (3), dans $ClH + CH^3.OH$ (4).

Fig. 2. — Éther diméthylique lactoïde : dans $CH^3.CH^2.OH$ (1), dans $ClH + CH^3.OH$ (2); éther éthylique quinoïde (III) : dans $CH^3.CH^2.OH$ (3), dans CO^3Na^2 (4).

Fig. 3. — Résorcine benzéine (IV) : dans $CH^3.CH^2.OH$ (1), dans CO^3Na^2 (2), dans $ClH + CH^3.OH$ (3).

les résultats des mesures faites sur la variété rouge, plus aisée à obtenir pure.

Les résultats des mesures d'absorption, effectuées sur des solutions de fluorescéine et de ses éthers, ainsi que ceux obtenus à partir de la résorcine benzéine (IV), sont représentés par les courbes tracées sur les figures I, II et III. De l'examen de ces courbes on peut tirer les conclusions suivantes :

A. En solution, la fluorescéine peut exister en équilibre sous deux formes : 1° *une forme colorée dans le visible*, *fluorescente*, *ayant la structure*

quinoïde (I); 2° *une forme incolore, non fluorescente forme lactoïde* (II) ([2]).

En effet, la courbe d'absorption (1, *fig.* I) de la fluorescéine, en solution alcoolique, se superpose (avec des coefficients d'absorption plus faibles) à la fois, à la courbe de l'éther quinoïde (III) (3, *fig.* II) et à celle de l'éther de la forme lactoïde (II) (1, *fig.* II). *Les proportions respectives des formes présentes varient avec la nature du solvant; les solutions dans l'alcool contiennent environ* 140^{mol} *de la forme lactoïde incolore pour* 1^{mol} *de forme quinoïde.* Dans l'éther, il n'existe pratiquement que la forme incolore : la courbe de la solution éthérée de fluorescéine (2, *fig.* I) se superpose sensiblement à la courbe de l'éther lactoïde (1, *fig.* II). Du fait que les éthers quinoïdes de la fluorescéine et la résorcine benzéine, possèdent aux mêmes places, dans le spectre, des bandes superposables à celles de la fluorescéine libre, la formule ionoïde proposée par M. Wizinger (*Organische Farbstoffe*) semble difficile à maintenir.

B. En solution alcaline, la fluorescéine, l'éther quinoïde (III), la résorcine benzéine (IV) ont sensiblement les mêmes spectres, donc la même structure paraquinoïde. La présence du carboxyle ne modifie pas sensiblement l'absorption des deux premiers corps.

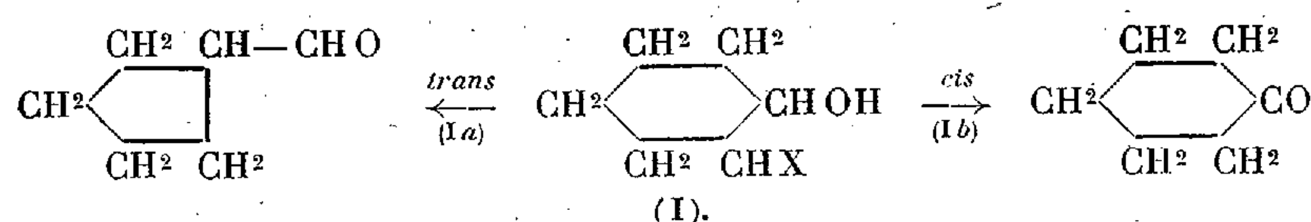
C. En solution chlorhydrique, la fluorescéine et ses éthers donnent des chlorhydrates qui ont des spectres semblables, et par suite possèdent une même structure; celle-ci ne peut être lactoïde puisque, d'une part, ils sont colorés dans le visible et que, d'autre part, le diéther lactoïde ne peut prendre cette forme; la formule orthoquinoïde à oxygène oxonium, par laquelle on représente ordinairement le chlorhydrate de fluorescéine, semble donc pouvoir leur être attribuée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshalogénation argentique des iodhydrines des α-cyclanediols.* Note de MM. **Marc Tiffeneau** et **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Béhal.

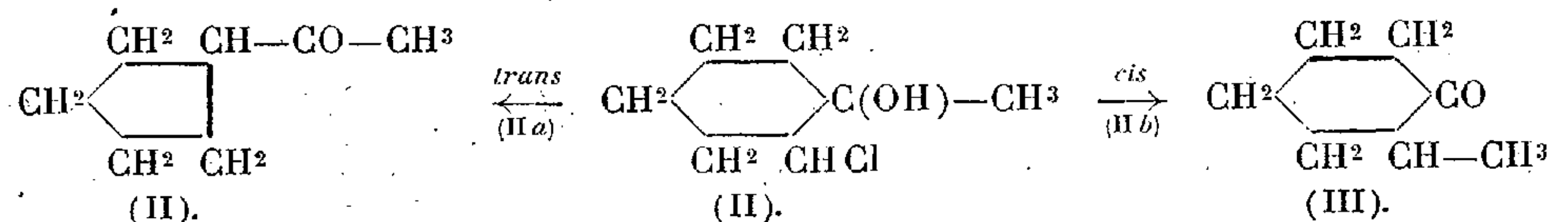
On sait que les halohydrines *cis* et *trans* dérivées des α-glycols cyclaniques se comportent différemment vis-à-vis des divers réactifs éliminateurs d'hydracides, notamment dans la déshalogénation magnésienne des chlor-

([2]) Fischer a isolé non « la forme lactoïde incolore de la fluorescéine libre, modification tant recherchée » (*Ber. d. Ch. Ges.*, 47, 1914, p. 1578), mais un produit d'addition, incolore, cristallisant d'une solution colorée de quinoléine ou de pyridine (trois mol. de solvant pour une de fluorescéine).

hydrines et dans la déshalogénation argentique des iodhydrines. Tandis que pour les *trans* halohydrines bisecondaires et aussi bien pour X = Cl [1], [2] que pour X = I [3], cette déshalogénation est accompagnée d'une migration du chaînon CH^2 voisin de l'hydroxyle, d'où formation d'aldéhydes avec raccourcissement du cycle (transposition semi-hydrobenzoïnique), il n'en est plus de même avec les chlorhydrines *cis* dont la déshalogénation s'effectue avec formation de cyclanones sans modification du cycle.



Dans le cas des halohydrines secondaires tertiaires, du moins pour les chlorhydrines et pour un radical substituant tel que CH^3 (II), on observe des différences analogues; en effet la déshalogénation magnésienne donne avec le dérivé *trans* l'acétylcyclopentane et avec le *cis* surtout la méthylcyclohexanone [4].



Par contre, la *trans* iodhydrine correspondante, obtenue par addition de IOH sur le méthylcyclohexène, semble se comporter dans sa déshalogénation argentique [5] comme un *cis*. Pour expliquer cette anomalie, nous avons repris l'étude de cette iodhydrine et de diverses autres, et nous avons pu montrer que cette particularité s'explique par un mécanisme différent comportant la formation intermédiaire d'époxydes.

1° *Méthyl-1 iodo-2 cyclohexanol-1*. — La déshalogénation de cette iodhydrine fournit la méthylcyclohexanone accompagnée d'une petite quantité (10 pour 100) d'acétylcyclopentane, et nous avons pu montrer que cette formation de méthyl-2 cyclohexanone n'est pas primitive, mais qu'elle résulte de l'action de l'acide nitrique sur l'époxyde initialement formé dans la réaction. Nous avons constaté, en effet, qu'en

---

(1) BEDOS, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 255.
(2) TIFFENEAU, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **3**, 1936, p. 1970.
(3) TIFFENEAU, *Comptes rendus*, **159**, 1914, p. 771.
(4) TIFFENEAU et TCHOUBAR, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 360.
(5) TIFFENEAU, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1284.

déshalogénant par l'oxyde d'argent, on obtient l'époxyde (80 pour 100), accompagné de 10 pour 100 de glycol et de 5 pour 100 d'acétylcyclopentane et de méthyl-2 cyclohexanone, celle-ci provenant peut-être d'un peu de *cis* iodhydrine. D'autre part, en faisant agir NO^3H dilué sur l'époxyde à froid, il y a à la fois isomérisation en méthyl-2 cyclohexanone et hydratation en méthyl-2 cyclohexanediol-1-2, mais pas de formation d'acétylcyclopentane.

Ainsi, la formation prépondérante de méthylcyclohexanone résulte d'une réaction secondaire consistant en ce que l'époxyde initialement formé s'isomérise sous l'influence de l'acide nitrique qui a été libéré dans la réaction primaire.

2° *Éthyl-1 iodo-2 cyclohexanol.* — Cette iodhydrine provient de la fixation de IOH sur l'éthyl-1 cyclohexène; le nitrate d'argent la transforme surtout en ester nitrique du glycol correspondant et en époxyde que l'acide nitrique formé isomérise en éthyl-2 cyclohexanone et hydrate en *trans* éthyl-2 cyclohexanediol-1-2. Il y a, en outre, formation d'une petite quantité (10 à 15 pour 100) de propionylcyclopentane. On constate, d'autre part, qu'en faisant agir NO^3H dilué sur l'époxyde, il ne se forme pas de propionylcyclopentane, mais seulement l'éthyl-2 cyclohexanone et le *trans* éthyl-2 cyclohexanediol-1-2.

3° *Iodo-2 cyclopentanol-1.* — Cette iodhydrine, obtenue en fixant IOH sur le cyclopentène, se transforme presque intégralement par NO^3Ag en époxyde correspondant (3) qui s'hydrate, par NO^3H formé simultanément, en le glycol correspondant sans isomérisation en cyclopentanone, ni en cyclobutylformaldéhyde.

4° *Iodo-2 cyclohexanol-1 et méthyl-4-iodo-2 cyclohexanol-1.* — Ces deux iodhydrines qui proviennent de la fixation de IOH sur le cyclohexène et sur le méthyl-4 cyclohexène-1 sont, comme on le sait, transformées avec un rendement d'environ 30 pour 100, l'une en cyclopentylformaldéhyde (3), l'autre en méthyl-3 cyclopentylformalhéhyde (réaction I*a*) (3) (5), en même temps qu'il se forme par double réaction une quantité plus ou moins importante d'ester nitrique du glycol correspondant. Enfin nous avons observé la présence d'une quantité notable (20 à 40 pour 100) du glycol correspondant provenant, comme on l'a vérifié, de l'hydratation par l'acide nitrique de l'époxyde initialement formé, celui-ci étant obtenu presque exclusivement lorsqu'on fait agir Ag^2O sur l'iodhydrine.

Conclusions. — Dans la déshalogénation argentique des iodhydrines des *trans* cyclanediols-1-2, trois réactions peuvent s'accomplir simultanément. L'une, qui est souvent prépondérante, consiste dans la formation d'époxyde avec libération d'acide nitrique qui isomérise ce dernier en cyclanone et l'hydrate en glycol. L'autre, souvent très importante, sauf pour l'iodhydrine du cyclopentanediol-1-2, est une double réaction comportant la formation de IAg et d'ester nitrique du cyclanediol. La troisième, enfin, comporte l'élimination de IAg avec libération d'acide nitrique et formation d'aldéhyde (transposition semi-hydrobenzoïnique) ou de cétone (transposition semipinacolique) avec raccourcissement du cycle dans les deux cas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétylation et méthylation totale de l'α-d-tagatose.* Note de Mme **Yvonne Khouvine** et M. **Yoshinori Tomoda**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons acétylé et méthylé l'α-*d*-tagatose pour en connaître la structure (1).

1. L'acétylation a été faite par les méthodes générales appliquées aux oses : action de l'anhydride acétique, à froid ou à chaud, en présence de pyridine ou de chlorure de zinc fondu.

Jusqu'ici, nous n'avons pu obtenir de dérivé cristallisé avec le chlorure de zinc, soit à 0°, soit à 50°. En revanche, avec la pyridine à — 5°, à 0° ou à 20-30°, nous avons obtenu un acétate cristallisé. Après recristallisation dans l'éther, l'analyse donne C, 48,92 %; H, 3,76 %; CH^3CO, 55,5 % (calculé pour un pentaacétyltagatose C, 49,2 %; H, 5,8 %; CH^3CO, 55,1 %).

Ce corps cristallisé est donc un pentaacétate de tagatose. Son point de fusion au bloc Maquenne est de + 132° et son pouvoir rotatoire $\alpha_{578}^{20} = +20°,2$ dans $CHCl^3$ et — 25° dans CH^3OH. Il ne fixe pas d'hydrogène avec le nickel de Raney et son spectre dans l'ultra-violet n'a pas la bande caractéristique des cétones. On peut donc conclure qu'il a une structure cyclique et que, très probablement, c'est un α-*d*-pentaacétyltagatopyranose.

Les rendements à — 5° sont de 1g de pentaacétate pour 5g de tagatose et à 0° ou à 20-30°, de 9g pour 10g.

Nous n'avons pas encore pu faire cristalliser de tétraacétyltagatose.

2. La méthylation de l'α-*d*-méthyltagatoside par le sulfate de méthyle et la soude ne donne, avec de très mauvais rendements, qu'un sirop insuffisamment méthylé.

La méthylation par l'iodure de méthyle et l'oxyde d'argent récemment préparé est beaucoup plus difficile que celle du sorbose, par exemple. Il est nécessaire de répéter une dizaine de fois les méthylations pour obtenir un taux de CH^3O presque théorique. C'est pourquoi les rendements ne sont que de 10g de pentaméthyltagatoside pour 25g de méthyltagatoside.

---

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 736.

Le pentaméthyltagatoside est un sirop très fluide, incolore, qui distille à 40° dans un vide de 10^{-4} mm. Son pouvoir rotatoire est $\alpha_{578}^{20} = 21°,4$ dans CH^3OH.

L'analyse donne C, 52,2 %; H, 9,0 %; CH^3O, 59,8 %. (Calculé pour un pentaméthyltagatoside : C, 50,7 %; H, 8,7 %; CH^3O, 61,4 %). Son spectre Raman est sans bande dans la région caractéristique des liaisons carbone-oxygène. Sa densité à 19° est 1,1087, son indice de réfraction à 19°, 1,4460, et sa réfraction moléculaire

$$N_L = \frac{M}{D} + \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = 60,20.$$

Or, si l'on calcule la réfraction moléculaire pour un pentaméthyle cyclique (valeurs prises dans les tables d'Eisenlohr), on trouve $N_L = 60,65$, ce qui, joint au spectre Raman, nous permet de dire que le pentaméthyltagatoside a une structure cyclique. De plus, il est vraisemblable que c'est un α-pentaméthyltagatopyranoside.

3. L'hydrolyse du pentaméthyltagatoside par HCl à 0,72 pour 100 se fait en 20 minutes au bain-marie bouillant. Après neutralisation par Ag^2CO^3, on fait passer H^2S et l'on extrait par le benzène. On fractionne dans un vide de 10^{-4} millimètre. Le sirop obtenu est assez épais, incolore et distille à + 52°. Son pouvoire rotatoire est $\alpha_{578} = -3°,4$ (CH^3OH) et son pouvoir réducteur est égal à 40 pour 100 de celui du tagatose. L'analyse donne : C, 50,44 %; H, 8,64 %. (Calculé pour un tétraméthyltagatose : C, 50,84 %; H, 8,47 %.) Ce sirop est donc du tétraméthyltagatose. Malheureusement nous n'en avons pas eu assez pour faire le spectre Raman et prendre la densité. Mais l'on sait qu'une hydrolyse comme celle que nous avons faite ne change pas la structure d'un ose pentaméthylé, et nous pouvons dire que ce méthyltagatose a également une structure cyclique, vraisemblablement pyranique et de la forme α du tagatose.

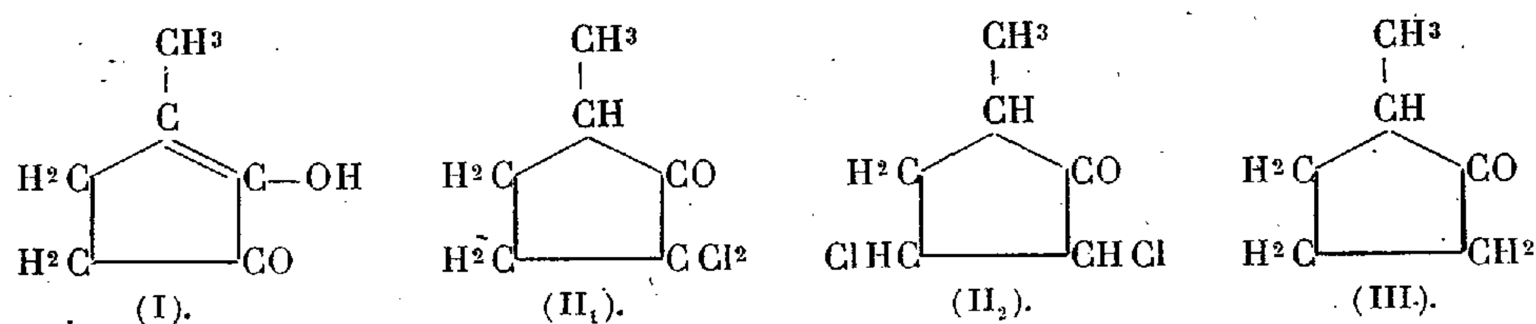
L'αd-tagatose, lui-même, serait donc un αd-tagatopyranose.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse partielle de la méthyl-cyclopenténolone du goudron de bois.* Note de MM. **Henry Gault** et **Jean Burkhard**, présentée par M. Marcel Delépine.

La méthyl-1 cyclopentène-1 ol-2 one-3 (I), isolée du goudron de bois par Meyerfeld et Öhlgart [1] et étudiée surtout par Rojahn et Rühl [2], a été obtenue synthétiquement par E. Urion [3], par déshydrogénation du divinylglycol, et, plus récemment, par J. Lichtenberger et G. Gabriel [4] à partir de l'éther méthyl-cyclopentanedione-dicarboxylique, produit de condensation de l'éther oxalique avec l'éther α-méthylglutarique.

Nous avons eu nous-mêmes, au début de cette année, l'occasion d'en faire une autre synthèse, dont l'exposé forme l'objet de cette Note, en prenant comme point de départ la méthyl-1 cyclopentanone-2 (III).

La méthyl-1 cyclopentanone-2, préparée à partir de l'éther adipique par la méthode classique de Bouveault en suivant les indications complémentaires de Cornubert [5], est chlorée soit par le chlore gazeux, soit par le chlore en solution dans le tétrachlorure de carbone. Quelles que soient les conditions d'illumination : lumière diffuse, lumière vive ou U. V., il se forme toujours, en proportions variables et à côté d'autres produits chlorés, de la dichloro-méthylcyclopentanone (II_1 ou II_2) qui, hydrolysée par l'eau à l'ébullition, se transforme en méthyl-1 cyclopentane-dione-2, 3 identique à la méthylcyclopenténolone de Rojahn et Rühl (point de fusion du produit naturel, du produit synthétique et de leur mélange : 104°. Point de fusion de la phénylosazone du produit naturel, du produit synthétique et de leur mélange : 136°).



(1) *Chem. Ztg.*, 36, 1912, p. 549.
(2) *Arch. d. Pharm.*, 264, 1914, p. 211.
(3) *Ann. de Chimie*, 1, 1934, p. 5.
(4) *Bull. Soc. chim.*, P.-V., 15 octobre 1937, p. 17.
(5) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 301.

Il est vraisemblable que la chloruration de la méthyl-cyclopentanone donne naissance, dans une première phase, à la monochloro-3 méthylcyclopentanone ([6]). Dans une deuxième phase, le deuxième atome de chlore s'introduit, soit en 3 soit en 4, avec formation de la dichloro-méthylcyclopentanone II_1 ou II_2 (Fraction E_{13} 90-95°). Nous pensons, en raison de ce point d'ébullition et des conditions mêmes de l'hydrolyse, que le dérivé dichloré formé est la dichloro-3, 3 méthyl-1 cyclopentanone-2 (II_1). Nous nous proposons de préciser ultérieurement ce point.

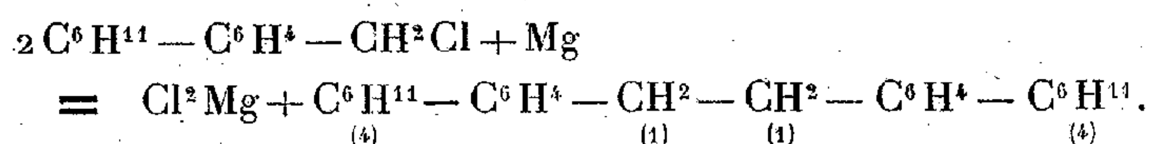
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses effectuées avec le chlorure de paracyclohexylbenzyle.* Note de MM. **Daniel Bodroux** et **René Thomassin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de paracyclohexylbenzyle (4) $C^6H^{11}-C^6H^4-CH^2Cl$ (1), que l'on obtient avec un très bon rendement à partir du phénylcyclohexane par la méthode de Blanc, réagit facilement sur le magnésium en présence d'éther. En traitant l'organomagnésien qui prend ainsi naissance :

1° *Par l'oxygène*, nous avons obtenu l'alcool paracyclohexylbenzylique (F. 40°), (4) $C^6H^{11}-C^6H^4-CH^2OH$ (1), avec un rendement de 34 pour 100.

2° *Par l'anhydride carbonique*, nous avons obtenu l'acide paracyclohexylphénylacétique (F. 78°,5), (4) $C^6H^{11}-C^6H^4-CH^2-COOH$ (1), avec un rendement de 55 pour 100 en mettant en œuvre le gaz, et de 60 pour 100 en incorporant un excès de neige carbonique à la solution éthérée de l'organomagnésien.

Dans les opérations précédentes, à côté de l'alcool paracyclohexylbenzylique et de l'acide paracyclohexylphénylacétique nous avons trouvé du paracyclohexyltoluène provenant de l'organomagnésien n'ayant pas réagi, et du diparacyclohexyldibenzyle (F. 148°-149°) qui avait pris accessoirement naissance, avec un rendement de 17 pour 100 environ, de la façon suivante

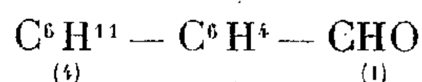


$$2C^6H^{11}-C^6H^4-CH^2Cl+Mg = Cl^2Mg+\underset{(4)}{C^6H^{11}}-C^6H^4-\underset{(1)}{CH^2}-\underset{(1)}{CH^2}-C^6H^4-\underset{(4)}{C^6H^{11}}.$$

L'action du chlorure de paracyclohexylbenzyle en solution éthérée sur le sodium nous a fourni ce carbure avec un rendement de 63 pour 100 ; il a fallu porter l'éther à l'ébullition pour amorçer l'attaque du métal.

([6]) M. Godchot et M. Mousseron, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 616.

MM. Braun, Irmisch et Nelles [1] n'ont pu obtenir l'aldéhyde paracyclohexylbenzylique



en appliquant au chlorure de paracyclohexylbenzyle la méthode de Grimaux et Lauth. Plus heureux que ces savants, nous avons préparé ce composé en employant comme agent d'oxydation soit une solution étendue de nitrate de cuivre (rendement 22 pour 100), soit une solution étendue de nitrate de plomb (rendement 35 pour 100). L'oxydation assez lente a été effectuée à la température d'ébullition de la solution aqueuse, celle-ci étant agitée mécaniquement pour émulsionner dans son sein le chlorure organique. L'opération terminée, l'aldéhyde a été isolée à l'état d'imine phénylée



Ce corps (F. 117°-118°) se forme très facilement par action de l'aniline sur le produit brut à la température ambiante. Par hydrolyse, il fournit l'aldéhyde paracyclohexylbenzylique (E. 158°-160° sous 10^{mm}).

Dans ces réactions oxydantes, en même temps que l'aldéhyde il s'est fait de l'acide paracyclohexylbenzoïque (F. 197°-198°) en quantité notable.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation de certains halogénures alcalins par la calcite.* Note de M. **Louis Royer**, présentée par M. Charles Mauguin.

1. W. Heintze [1] décrit des accolements réguliers de certains halogénures alcalins cubiques sur une face $p(100)$ de nitrate de sodium rhomboédrique ainsi qu'une orientation de NaBr et NaI par un clivage de calcite. Ces accolements se font suivant plusieurs lois.

Dans la position dite *à arêtes parallèles* (*Kantenstellung*) la face $p(100)$ de l'halogénure alcalin coïncide avec la face $p(100)$ du nitrate de sodium, et en plus la rangée [100] du sel cubique est parallèle soit à la rangée [100], soit à la rangée [010] du nitrate rhomboédrique. Dans l'orientation dite « en diagonale » (« Diagonalstellung »), c'est la face $b^1(110)$ du sel cubique qui coïncide avec la face $p(100)$ du nitrate de sodium et en plus la

(1) *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 66, 1933, p. 1473.

(1) *Zeitschrift für Kristallographie*, **97**, 1937, p. 241-251.

rangée [001] de l'halogénure alcalin est parallèle tantôt à la rangée [110], tantôt à la rangée [$\bar{1}$10] de la face $p(100)$ du nitrate de sodium.

2. En raison de l'importance que ces accolements peuvent présenter pour l'explication du phénomène de l'orientation mutuelle de cristaux d'espèces différentes, j'ai repris les expériences de Heintze en me plaçant dans des conditions expérimentales différentes.

En effet, pour éviter toute incertitude sur la nature des cristaux déposés j'ai fait tous les essais sur des clivages de calcite. J'ai déjà signalé ([2]) qu'une solution aqueuse de sels mouille mal ou ne mouille pas un clivage de calcite, mais que par contre on obtient un mouillage parfait avec une solution alcoolique. J'ai donc opéré de la manière suivante.

On prépare une solution alcoolique saturée à chaud du sel à étudier; on fait tomber une goutte de cette solution sur un clivage frais de calcite porté à une température voisine de 90°. On obtient ainsi des cristaux qui se déposent au contact même de la calcite et qui subissent le cas échéant son action orientante.

3. Dans ces conditions, j'ai constaté que la quasi-totalité des cristaux déposés de NaBr, NaI, KCl, KBr, RbCl, RbBr et KI sont orientés par la calcite de manière qu'une face du cube coïncide avec la face $p(100)$ de la calcite et qu'en plus une arête [100] du cube ait même direction que l'arête [100] ou [010] du rhomboèdre. D'où deux positions possibles et que l'on observe effectivement pour les cubes des halogénures alcalins. Ces deux positions sont tournées l'une par rapport à l'autre de 11°55′, différence entre les deux angles plans des faces $p(100)$ des halogénures (90°) et $p(100)$ de la calcite (101°55′).

Avec NaCl l'orientation est moins générale; beaucoup de cristaux se déposent en positions quelconques, mais le nombre de ceux qui sont orientés est suffisant pour que l'on soit assuré qu'il y a encore une action de la calcite sur les cristaux déposés de NaCl.

Les cristaux de NH^4I et RbI, par contre, ne sont plus orientés par la calcite.

En conclusion, parmi les halogénures alcalins, seuls NaBr, NaI, KCl, KBr, RbCl, RbBr et KI donnent sur un clivage de calcite une orientation dans la position *à arêtes parallèles*.

Contrairement aux observations de Heintze sur le nitrate de sodium, je

---

([2]) *Bulletin Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 22.

n'ai jamais constaté sur la calcite une orientation de ces halogénures alcalins suivant la position dite *en diagonale*, telle qu'elle est définie ci-dessus.

4. J'ai distingué ([3]) jusqu'ici deux types de groupements épitaxiques : des groupements épitaxiques tripériodiques dus à l'existence, dans les deux cristaux d'espèces différentes, de réseaux à trois paramètres indépendants quasi identiques et des groupements épitaxiques dipériodiques, déterminés par la quasi-identité d'un réseau plan seulement dans chacun des deux cristaux.

L'orientation des halogénures alcalins par la calcite ne saurait entrer dans le premier groupe, la symétrie de ces deux espèces étant différente.

Par contre il est possible que halogénures alcalins et calcite donnent des groupements du second type; j'en ai mentionné un exemple précédemment ([1]). Mais, pour les accolements cités dans cette Note, on ne voit pas quelles pourraient être les deux mailles planes communes aux deux espèces.

En effet, il paraît difficile de considérer comme quasi identiques deux mailles planes présentant une différence d'angle de 11°55′, même si leurs paramètres sont voisins comme c'est le cas dans les exemples donnés ci-dessus.

Il existe bien dans le plan p (100) de la calcite une maille multiple à peu près carrée (angle 90°22′; côtés 15,69 Å et 16,05 Å) construite sur les rangées [100] et $[\bar{1}50]$; mais il me paraît peu probable que cette maille multiple détermine l'orientation signalée ci-dessus.

Il est donc fort possible que ces accolements appartiennent à un troisième type, nouveau, de groupements épitaxiques : ceux qui sont monopériodiques et dans lesquels la période commune aux deux espèces est linéaire et ne se rapporte qu'uniquement au paramètre d'une rangée, quasi identique dans les deux cristaux.

Cette interprétation est également celle adoptée par Heintze pour expliquer les accolements des halogénures alcalins sur le nitrate de sodium.

Les groupements épitaxiques monopériodiques signalés jusqu'ici sont encore peu nombreux ; certains semblent douteux ; il y a donc intérêt à en rechercher de nouveaux exemples.

([3]) *Bulletin Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 151-154.

GÉOLOGIE. — *Les unités structurales et paléogéographiques entre Fez et Le Sebou (Maroc septentrional).* Note de M. **Jean Gubler**, présentée par M. Charles Jacob.

Des levés géologiques de détail exécutés au Nord de Fez, tout d'abord pour la Société chérifienne des Pétroles (¹), m'ont permis de reconnaître deux complexes paléogéographiques et tectoniques principaux : l'unité du Bertal au Sud, et l'unité du Sebou au Nord. Du point de vue structural chacun de ces éléments se décompose en une suite soit d'anticlinaux et de synclinaux, soit d'écailles. L'unité du Bertal, la plus méridionale, débute aux abords de Fès par une ou plusieurs écailles qui chevauchent le Miocène autochtone d'une part et les plis parautochtones du Tratt et du Zalagh d'autre part.

L'unité du Sebou est fortement écaillée et chevauche celle du Bertal, le long d'une ligne que suit approximativement la piste qui du Sebou remonte vers Souk es Sebt. Elle passe ensuite au Nord de Souk es Sebt à Hajer Dezned et longe vers l'Est la plaine du Sebou. Des klippes de cette seconde unité flottent en avant sur les termes les plus élevés de l'unité du Bertal. Le Djebel Berkhat, à l'Est de Souk es Sebt, en est le témoin le plus important ; il montre un lambeau de Lutétien qui repose sur le Néogène inférieur du flanc septentrional de l'anticlinal du Bertal.

L'opposition de ces deux éléments est non seulement d'ordre tectonique mais aussi stratigraphique. Dans l'unité du Bertal, au Djebel Halloui, la meilleure coupe fait affleurer, à partir de l'Oued Bertal vers l'Ouest, la succession suivante :

a. Crétacé supérieur. — Les argiles schisteuses vertes sont attribuées à ce système plus par leur faciès que par leur microfaune, composée de Foraminifères arénacés assez pauvres et en général peu caractérisques ici.

b. L'Oligocène, dont la transgression est à peine marquée dans le paysage, mais que son faciès oppose au Crétacé sous-jacent, comprend des argiles grises ou vertes qui alternent avec des sables ou des grès glauconieux. Les petites Nummulites et les Lépidocyclines y sont localement abondantes. La couche de base peut être caractérisée par la fréquence de *Clavulina Szaboi,* espèce de l'Éocène et de l'Oligocène de Hongrie qui est associée à une abondante microfaune. Il faut rapporter à l'Oligocène supérieur les marnes blanches dans lesquelles les premières Miogypsines s'associent à

(¹) Ces résultats sont publiés avec l'accord de M. Vigier, Directeur du B. R. P. M.

des Lépidocyclines (Néphrolepidines) et à de très nombreuses Amphistégines représentant une variété d'*Amphistegina Lessoni*. Le sommet de l'Oligocène montre une alternance de calcaires gréseux et de marnes.

c. L'Aquitanien, formé d'un complexe peu épais de marnes, d'abord sableuses, puis calcaires, repose en concordance parfaite sur l'Oligocène supérieur. Les marnes sont dépourvues de fossiles macroscopiques et toujours très pauvres en Foraminifères.

d. Burdigalien. — Les marnes blanches et dures du sommet de l'Aquitanien passent insensiblement aux marnes grises du Burdigalien où les Foraminifères du Néogène s'associent encore à certaines espèces ayant survécu à l'Oligocène, notamment à certaines Cristellaires, à des Anomalinidés et des Rotalidés.

e. Vindobonien. — Le faciès des argiles bleues et grises du Vindobonien est bien connu au Maroc septentrional. La microfaune, souvent abondante tant en individus qu'en espèces, permet de distinguer au moins deux niveaux dont la synchronisation à des distances plus grandes reste cependant encore à préciser

L'unité du Bertal montre donc une succession ininterrompue d'assises allant de l'Oligocène au Vindobonien moyen ou supérieur.

Il a été dit que l'unité du Sebou est fortement écaillée dans la région située immédiatement au Nord du Bertal. J'ai pu y reconnaître :

a. Le Trias, figuré par des dolomies et des lames de Gypse, accompagnées de roches éruptives basiques.

b. Le Lias, dont F. Daguin a signalé le premier la présence à Hajer Dezned où affleurent le Toarcien et l'Aalénien fossilifères.

c. Le Crétacé. — Les argiles schisteuses vertes et noires à Foraminifères arénacés du Crétacé sont parfois accompagnées d'argiles rouges ou grises contenant une riche microfaune où les Rosalines sont associées à d'autres formes typiquement crétacées.

d. Le Nummulitique. — Au Dj. Berkhat et à l'Est de Hajer Dezned l'Éocène moyen affleure sous son faciès habituel de calcaires marneux blancs à silex renfermant des Nummulites du groupe de *N. distans*.

En contact anormal avec ces assises lutétiennes se trouvent des marnes et des argiles tendres qui montrent une curieuse association de Foraminifères crétacés et nummulitiques. Or j'ai pu retrouver au Nord-Ouest de Hajer Dezned ces mêmes couches argileuses dans leur position normale, intercalées entre le Crétacé et le Lutétien. Il semble qu'en ce dernier point au moins, au Djebel Skrirat, l'Éocène inférieur existe dans une série continue allant du Crétacé supérieur au Lutétien et peut-être au Bartonien. Les termes les plus élevés de la série nummulitique n'apparaissent que plus au Nord.

Du Sud au Nord on rencontre donc sur une distance de 25^{km} et sur cette transversale de Fez :

1° *Le Bassin néogène de Fez* ;

2° *Les structures écaillées, parautochtones du Tratt et du Zalagh*, où la molasse burdigalienne est transgressive sur le Lias et le Jurassique;

3° *L'unité du Bertal*, qui est séparée des précédentes par un contact anormal, mais constituée elle-même de plis réguliers. L'Oligocène y est transgressif sur le Crétacé supérieur et diminue de puissance du Sud au Nord. Il passe verticalement sans lacune au Vindobonien. Cette unité ne comporte pas de surfaces de charriage visibles. Si elle chevauche tout entière les précédentes structures, la surface de décollement se situerait en profondeur sous son Crétacé supérieur ou plus bas encore;

4° *L'unité du Sebou*, où localement j'ai observé le passage normal du Crétacé supérieur au Nummulitique. Le chevauchement de cette unité sur celle du Bertal est visible sur plusieurs kilomètres.

GÉOLOGIE. — *Sur la Lias du Haut-Atlas oriental et des Hauts-Plateaux.* Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette région, qui a fait l'objet d'une description d'ensemble (¹), offre des particularités stratigraphiques importantes.

Sur des schistes satinés stériles du Primaire, repose un complexe à dominante de marnes roses salifères dans l'Est, de marnes rouges sableuses dans l'Ouest, qui admet des coulées basaltiques souvent puissantes. Cet ensemble est provisoirement rapporté au Trias.

Au Lias se différencie une *fosse du Haut-Atlas* dont la limite Nord est marquée par un trait interrompu sur le schéma (*loc. cit.*, p. 607) et dont la limite Sud, comme M. Menchikoff l'a montré vers Bou Anane, formait le rivage du continent saharien. A l'Est du méridien de Talsint, cette fosse se divise en deux diverticules, celui de Talsint au Nord, celui des Beni Bassia au Sud, séparés par le seuil de Aït Yacoub. La fosse de Talsint s'étend jusqu'aux djebels Mechkakour et Djellalib. La fosse de Beni Bassia, plus réduite, inscrit sa terminaison orientale dans le Primaire de Aïn Chaïr. Le seuil de Aït Yacoub s'ébauche au Sud de Talsint, s'élargit vers l'Est et ses faciès peu profonds amorcent dès le méridien du djebel Djellalib le régime des Hauts-Plateaux.

Dans la *fosse du Haut-Atlas*, le Lias débute par des calcaires noirs

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 606.

massifs stériles, attribués au Sinémurien, par analogie avec ceux de Bou Anane (Menchikoff).

Le *Lias moyen* de la Fosse de Talsint (100 à 500^m) se présente sous trois faciès : *a*. des alternances de calcaires noirs lités et de marnes blanches ou roses à *Emaciaticeras zancleanum; b*. de grandes lentilles de calcaires massifs s'y individualisent, grossièrement allongées Est-Ouest. A la limite des deux faciès abondent des Brachiopodes domériens et *Myocidaris Dubari* (Sud de Talsint); *c*. ces deux formations intriquées sont suivies de calcaires gris lités interstratifiés avec des marnes. Stérile ou pauvre en fossiles à l'Ouest, cette dernière série, *c*, s'enrichit vers l'Est et passe au Djebel Sebkha à un faciès *ammonitico rosso* domérien à *Hildoceratoïdes Normannianum*, *H. Portisi*, etc.

Dans la région de Aït Yacoub, le Lias moyen est réduit à une faible puissance (anticlinal d'Aït Yacoub, abords de Beni Tadjit) et admet des faciès zoogènes (Bou Dahar). Vers l'Ouest, il montre un grand développement de calcaire massif (Bou Aghousse). Il en est de même vers l'Est, où ce calcaire est surmonté par des assises domériennes à faciès *ammonitico rosso* (Dj. Hallouf-Kebir, Dj. Debaa) à *Coeloceras psilloceroides*, *C. colubriforme*, *Hildoceratoides Normannianum*, etc. Plus à l'Est encore, ces faciès disparaissent et l'on passe aux calcaires massifs monotones du Lias moyen des Hauts-Plateaux.

Au Lias moyen, la fosse de Beni Bassia, limitée au Nord (Bou Dahar) par les calcaires récifaux très fossilifères découverts par M. Menchikoff, comporte en son centre une puissante série de calcaires lités à Ammonites où s'observent les variations de faciès signalées dans la fosse de Talsint, sauf le faciès *ammonitico rosso* qui est absent.

Le Lias supérieur (350^m) est représenté par des marnes vertes du Toarcien et grises ou gris-bleu de l'Aalénien. Les riches faunes qu'elles ont fournies révèlent la présence des trois zones du Toarcien. L'Aalénien est complet, très riche dès la zone à *Dumortieria Levesquei* et comportant *Hammatoceras Sieboldi*, *H. tenuiinsigne*, *Zurcheria pugnax*, *Tmetoceras scissum*, *Erycites fallax*, etc. A ces formes s'ajoute, dans la fosse de Talsint, une extrême abondance de *Phylloceras* et de *Lytoceras*, dont la prédominance numérique durera jusqu'au Bajocien.

Cette série marneuse admet à différents niveaux des accidents de calcaires noirs lités. Un premier calcaire, toarcien, s'observe à l'Ouest de Talsint. D'autres calcaires apparaissent dans la fosse de Talsint, à la partie supérieure de l'Aalénien et se continuent jusque dans le Bajocien à *Emileia*

Sauzei. Puis ils perdent peu à peu leurs Ammonites et se chargent de *Cancellophycus*. Ils atteignent 3 à 500^m.

Dans la fosse de Beni Bassia, des calcaires noirs lités se trouvent vers le haut de l'Aalénien dont le sommet, daté par *Lioceras plicatellum*, est toutefois de nouveau marneux. Le Lias supérieur puissant de 200^m s'amincit vers l'Ouest, s'interrompt dans les environs de Beni Tadjit (bordure du Bou Dahar) pour reprendre ensuite son ampleur normale. Il se continue tout en conservant l'accident calcaire de l'Aalénien jusqu'au delà d'Atchana.

Selon le seuil de Aït Yacoub, où manquent ces calcaires lités, le passage du Lias supérieur au Bajocien est insensible. Vers l'Est du seuil, le Lias supérieur disparaît progressivement et au dj. Djellalib commence le régime des Hauts-Plateaux avec, semble-t-il, superposition directe du calcaire bajocien au calcaire domérien.

Ce régime se retrouve dans les Hauts-Plateaux du Nord de Matarka. Vers la Daya Nefouikha (Guelb et Gemh) entre les deux masses calcaires apparaissent des couches rouges qui se développent plus au Nord au Dj. Nador. Cette intercalation entre les deux séries calcaires détermine une falaise surbaissée séparant les Hauts-Plateaux orientaux liasiques des Hauts-Plateaux occidentaux bajociens. Les mêmes marnes rouges accompagnées de quelques couches de marnes grises prennent de l'importance dans la falaise de Debdou, étudiée par M. Russo et la divisent en deux parties : calcaires domériens à grands Térébratules et Polypiers du Lias à la base et calcaires bajociens à Lamellibranches et rares lits à entroques au sommet.

GÉOLOGIE. — *Le système Tarkwaïen dans l'Ex-Haute-Volta*. Note de M. **Jean Sagatzky**, présentée par M. Charles Jacob.

L'assimilation au Tarkwaïen du groupe arénacé que j'ai signalée dès 1931 dans l'Ex-Haute-Volta a été confirmée en 1935 par M. Junner, directeur du Service géologique du Gold Coast, lors d'une visite en territoire français.

Mes recherches de 1931 à 1937 m'ont permis de découvrir le groupe Tarkwaïen à l'intérieur de trois zones schisteuses orientées Nord-Nord-Est ou Nord-Est et situées entre 0 et 4° de longitude ouest de Greenwich et entre 10 et 12° de latitude nord. Ces zones forment :

1° le bassin allongé et assez continu de Safanê-Kampti;

2° le bassin assez étroit et discontinu de Gora-Talkpolé;

3° le bassin étroit de Youga.

A ce jour, trois niveaux du système du Gold Coast ont pu être identifiés en Ex-Haute-Volta. Ce sont, de haut en bas :

1, Huni Sandstones; 2, Banket Series; 3, Kawere conglomerate.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

1. *Huni Sandstones*. — Ils apparaissent dans les parties basses du relief actuel en bancs, parfois fortement relevés, diaclassés, généralement cachés par la latérite ou les éluvions récentes.

Ce niveau est représenté par les *quartzites feldspathiques épidotisés*. La roche de couleur verdâtre est le plus souvent à grain fin. Elle contient des galets de quartz relativement peu abondants et de petite dimension. Des galets de schistes métamorphiques, de roches acides ou basiques y sont plus rares. Le ciment est essentiellement quartzo-phylliteux à quartz cataclastique, épidote et chlorite abondants et à feldspaths séricitisés (microcline, oligoclase acide).

Ce niveau caractérise les environs de Loropeni; des affleurements ont été également remarqués à Foutara, à Payalo, à Yehoun.

2. *Banket Series*. — Elle apparaît souvent sous forme de petites collines à sommet pointu (Kopoye, Foutara, etc.).

a. Le système entier est caractérisé par une *arkose conglomératique*, souvent schisteuse, de couleur grise ou gris violacé. Le ciment est quartzo-séricíteux avec de très rares feldspaths séricitisés déterminables (microcline, oligoclase acide), dont il ne reste souvent que des épigénies en séricite. La magnétite se présente en grains fins, localement en veines (Kopoya).

Les galets de quartz sont parfois très abondants. Les éléments des autres roches sont plus rares. Localement le quartz des galets peut être remplacé par un quartzite rose violacé (Tankpolé).

Ce niveau se développe surtout dans la région de Safanê Kampti. Des affleurements isolés ont été retrouvés à Irino, à Dan, etc.

b. Les *quartzites violacés arkosiques* (Sud de Nabéré, Vouko, Tankpolé, etc.) font partie de cette série. Ils sont affectés de pendages faibles ou moyens (au Sud de Nabéré), plus forts près de Vouko. Ces roches dures, imprégnées de fer, comprennent à peu près les mêmes éléments que les quartzites de Huni.

c. Un faciès particulier ressemblant un peu au *Banket* type apparaît près de Safanê. C'est un conglomérat à galets de quartz abondants et à ciment très quartzeux, légèrement translucide.

3. *Kawere conglomerate*. — Il a été identifié à Songo et près de Vouko, où il apparaît dans la plaine.

Ce conglomérat métamorphisé, à rares galets de quartz, à galets nombreux de roches basiques ou acides souvent déterminables, présente une pâte quartzeuse riche en épidote et chlorite avec grains de magnétite.

Le système Tarkwaïen repose sur les formations redressées du Birrimien. Ses limites sont encore à préciser par suite d'incertitudes sur l'âge de certains schistes de l'Ex-Haute-Volta, sur l'origine de certains conglomérats métamorphisés et du fait d'une importante couverture latéritique ou éluvionnaire récente.

Bien que le contact entre le Tarkwaïen et le système des grès horizontaux n'ait jamais été vu, il paraît certain que le Tarkwaïen leur est antérieur.

Ce groupe essentiellement arénacé porte des traces de métamorphisme à basse température et à basse pression (épizone). Les actions dynamiques ont partout relevé la série du Banket et l'ont fortement laminée près de Kopoya-Boni.

Les mouvements tectoniques de l'époque tarkwaïenne laissent entrevoir la possibilité d'épanchements éruptifs et volcaniques post-tarkwaïens.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les évanouissements brusques des ondes radioélectriques, leurs relations avec les phénomènes magnétiques et solaires.* Note de MM. **Raymond Jouaust, Robert Bureau** et **Louis Éblé**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons continué l'étude des évanouissements brusques des ondes radioélectriques courtes que nous avions signalés (¹). Cette étude a porté sur les évanouissements relevés du 1ᵉʳ octobre 1936 au 1ᵉʳ octobre 1937 par les Administrations et Compagnies françaises assurant des liaisons radiotélégraphiques.

Le nombre de ces évanouissements a été de 76. Leur nombre mensuel a été maximum en juillet (17), aucun n'ayant été relevé en mars. Pour l'étude des phénomènes magnétiques, nous avons utilisé les enregistrements de l'Institut de Physique du Globe, ainsi que des renseignements fournis par M. La Cour, directeur de l'Institut Météorologique de Copenhague.

Dans vingt des cas envisagés, l'état d'agitation magnétique ne permet-

---

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1534-1536.

tait pas d'apprécier si une perturbation magnétique avait accompagné l'évanouissement. Pour les 58 cas restant, nous avons constaté que pour 41 d'entre eux une petite perturbation magnétique se produisait exactement à la même heure que l'évanouissement, l'existence de cette perturbation était douteuse dans trois autres cas.

Il convient de noter que chaque fois que l'évanouissement se produisait simultanément sur les liaisons transatlantiques et sur celles avec l'Extrême-Orient, il y avait perturbation magnétique.

Il nous a été possible de savoir que, pour l'un des 14 évanouissements n'ayant donné lieu à aucune manifestation magnétique en Europe, la perturbation avait été constatée aux États-Unis. Dans trois autres cas l'évanouissement s'était produit sur les liaisons avec l'Extrême-Orient vers 4 heures du matin, c'est-à-dire à un moment où le trajet des ondes était nocturne en Europe et où par conséquent la modification de l'ionosphère due à l'action solaire ne pouvait se produire que loin des observatoires dont nous utilisons les enregistrements.

Utilisant les *Character Figures of Solar Phenomena* que publie l'Observatoire de Zurich et des renseignements complémentaires dus à M. d'Azambuja, nous avons cherché si des éruptions chromosphériques s'étaient produites à l'heure des évanouissements. Pour 26 d'entre eux, le soleil n'était pas en observation au moment du phénomène. Quarante et un des cinquante-deux autres étaient accompagnés d'une éruption.

Dans le même ordre d'idées, nous avons pu comparer les heures des éruptions observées en octobre 1937 par l'Observatoire de Canbera (Australie) et celles des évanouissements relevés par l'Administration des Télégraphes japonais, évanouissements qu'elle mentionne dans ses télégrammes journaliers de géophysique. Sur 15 évanouissements, 8 étaient accompagnés d'éruptions.

Il semble bien qu'on puisse déduire des résultats ci-dessus que ce sont les éruptions chromosphériques qui provoquent les évanouissements brusques et qu'elles provoquent aussi de petites pertubations magnétiques locales, d'un caractère bien différent de celui des orages magnétiques.

ALGOLOGIE. — *Sur la présence de pyrénoïdes chez quelques Vauchéries.* Note (¹) de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Parmi les Algues Siphonées, les Vauchéries sont considérées comme ayant des chloroplastes dépourvus de pyrénoïdes; ce caractère, joint à l'absence d'amidon, leur donne une place à part dans les Chlorophycées. C'est pourquoi nous avons éprouvé quelque surprise en observant récemment la présence de pyrénoïdes dans au moins deux espèces. L'une de celles-ci a été récoltée sur les quais de la Garonne, à Bordeaux même, où elle vit à un niveau élevé, tantôt émergée, tantôt immergée suivant l'heure de la marée. Les filaments sont fins (diamètre 30-40 μ), très sensibles à la lumière avec phototropisme positif; les chloroplastes (*fig.* A) ont un contour général fusiforme ou losangique; ils possèdent un pyrénoïde globuleux nettement délimité, disposé latéralement. L'eau iodo-iodurée fait apparaître en brun foncé une substance localisée autour des pyrénoïdes, eux-mêmes colorés en brun pâle : cette substance pourrait être hydrocarbonée et voisine de l'amidon. Cette *Vaucheria*, en culture, peut former des aplanospores aussi bien sur les filaments émergés (*fig.* G) que sur les filaments dans l'eau (*fig.* F); d'autre part on obtient facilement le développement des organes sexués, oogones et anthéridies, qui ne sont jamais côte à côte, mais toujours sur des filaments distincts : l'espèce semble donc dioïque, fait rare chez les *Vaucheria*. Les oogones (*fig.* B, C) se forment sur de petits rameaux latéraux s'isolant à la base par une cloison et dont la partie terminale se renfle en massue pour donner une oospore sphérique ou ovalaire colorée en vert foncé (*fig.* C). Les anthéridies dressées ou légèrement courbées, sur de petits rameaux, possèdent une cellule vide à la base; elles s'ouvrent à l'extrémité ou par plusieurs orifices latéraux (*fig.* D, E).

Les caractères de la *Vaucheria* garonnaise permettent de la rapprocher du *V. sphærospora* Nordstedt, dont il existe une variété *dioïca* Rosenvinge. Cependant on notera que le *V. sphærospora* est donné comme une espèce franchement marine, de même que sa variété et que la formation d'aplanospores n'a pas été constatée.

(¹) Séance du 13 décembre 1937.

Nous avons récolté ultérieurement dans un petit affluent de la Garonne, à Gradignan, près de Bordeaux, une *Vaucheria* à filaments un peu plus gros

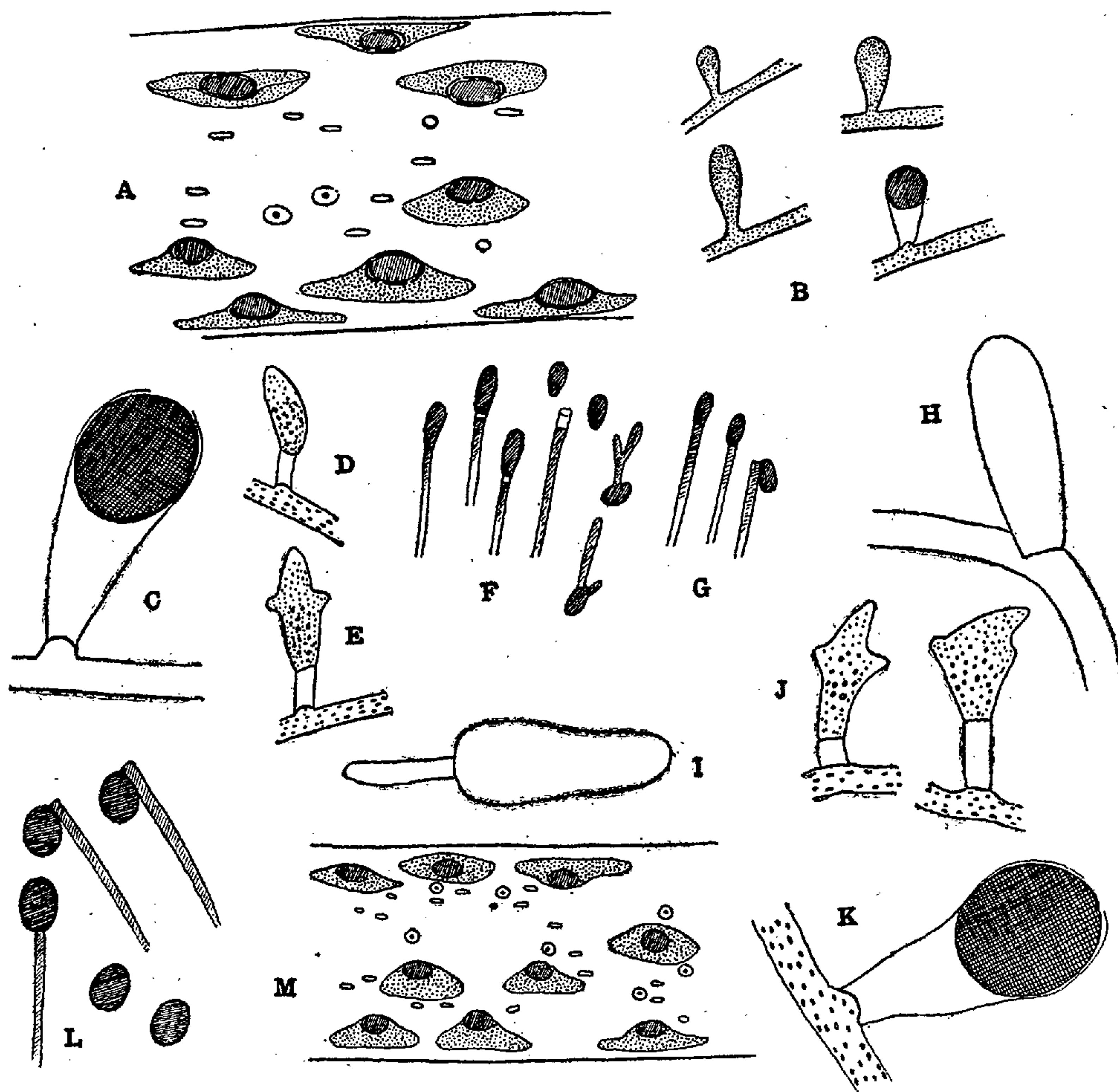


Fig. A-G. — *Vaucheria sphærospora* Nordst. var. *dioica* Rosenv. A, portion d'un siphon montrant des chloroplastes pourvus de pyrénoïdes × 1000; B, différents stades du développement de l'oogone × 40; C. oogone mûr × 100; D, E, anthéridies × 100; F, formation d'aplanospores sur des filaments immergés; G, même formation sur des filaments aériens × 15; H-K, *Vaucheria* de Gradignan; H, formation d'une aplanospore latérale; I, aplanospore germant × 100; J, anthéridies × 100; K, oogone × 100. Fig. L-M. — *Vaucheria* sp. de la Teste; L, formation d'aplanospores sur les filaments aériens × 30; M, portion d'un siphon avec des chloroplastes pyrénigères × 1000.

(jusqu'à 50 μ de diamètre), dont les chloroplastes sont aussi pyrénigères et qui forment des oogones et des anthéridies à peu près semblables à ceux de

la station précédente, quoique plus gros (*fig.* J). La *Vaucheria* de Gradignan présente cependant un caractère, qui jusqu'ici paraît original, dans une formation d'aplanospores cylindriques allongés, aux dépens d'un rameau latéral (*fig.* H, T) et sur une sorte de genou formé par le filament.

Sur les bords de la Seine, enfin, dans la traversée de Paris, sur les quais, à la surface de l'eau ou légèrement au-dessous, vit une *Vaucheria* si abondante que ses coussinets vert sombre forment un niveau algal très net. Or cette *Vaucheria* est pourvue de pyrénoïdes et elle semble voisine de l'espèce bordelaise; les filaments sont cependant légèrement plus gros (40 μ en moyenne), et jusqu'à présent elle n'a développé que des oogones en massue et des aplanospores.

Toutes ces Vauchéries ne sont probablement que des variétés fluviatiles et franchement d'eau douce du *V. sphærospora.* Au contraire, près d'Arcachon, à la Teste et à l'embouchure de la Leyre, près d'Audenge, vit, en milieu saumâtre, une espèce certainement différente, à filaments plus fins (25-30 μ), chez laquelle nous n'avons pu observer jusqu'ici que la formation d'aplanospores sur les filaments aériens (*fig.* L). Les chloroplastes étant également du type pyrénigère (*fig.* M), l'apparition d'organes sexués serait très intéressante à observer.

En résumé, par conséquent, plusieurs Vauchéries d'eau douce ou d'eau saumâtre se distinguent par des chloroplastes pourvus de pyrénoïdes, par leur reproduction sexuée particulière et la fréquence des aplanospores comme moyen de reproduction asexuée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un holodiglucoside nouveau retiré du sophora-flavonoloside.* Note de MM. **Jacques Rabaté** et **Jean Dussy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré [1] comment il est possible d'extraire des fruits verts de *Sophora Japonica* (L.) un hétéroside, le sophoraflavonoloside [2] dont l'hydrolyse totale par les acides fournit deux molécules de glucose et une molécule de kaempferol. L'hydrolyse partielle de cet hétéroside par l'acide sulfurique à 2 pour 1000 à ébullition pendant 1 heure donne

(1) *Comptes rendus,* 202, 1936, p. 1117.

(2) Nous examinerons dans un autre mémoire les rapports du sophora-flavonoloside avec le kaempferoside, retiré du Séné par Tutin (*Journ. Chem. Soc.,* 103, 1913, p. 2006).

également naissance à une molécule de kaempférol, mais les deux oses ne sont pas séparés pendant le traitement et restent unis sous forme d'un holodiglucoside nouveau, le sophorose.

Préparation. — La préparation de cet holodiglucoside est très simple : $0^g,50$ d'hétéroside pur sont dissous à l'ébullition dans 50^{cm^3} d'acide sulfurique à 2 p. 1000. Après quelques minutes on voit apparaître des cristaux de kaempférol. L'ébullition est maintenue pendant 1 heure. Le mélange est abandonné au frais pendant 6 heures, puis il est filtré pour séparer le kaempférol. La solution acide est alors neutralisée exactement par l'eau de baryte à l'ébullition, filtrée après refroidissement, puis évaporée à sec dans le vide. L'extrait obtenu est dissous dans $0^{cm^3},5$ d'eau et additionné de 10^{cm^3} d'alcool à 95°. La solution filtrée ne tarde pas à abandonner de fines aiguilles du diholoside que nous allons étudier. Une purification n'élève pas le point de fusion.

Propriétés physiques. — Le sophorose forme des aiguilles incolores, sans odeur, de saveur amère, sucrée. Il fond au bloc Maquenne à $+195°-196°$. Il est très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool fort, insoluble dans l'éther. Les solutions aqueuses présentent le phénomène de mutarotation. Trois minutes après la dissolution le pouvoir rotatoire est de

$$(\alpha)_D^{20} = +34° (\alpha = 42'; \; p = 0{,}103; \; l = 2; \; v = 10).$$

Après une demi-heure, $(\alpha)_D^{20} = +25° (\alpha = +32')$. Le pouvoir rotatoire stable est de $(\alpha)_D^{21} = 22° (\alpha = +28')$. Le pouvoir rotatoire initial serait de $+37°$. Le diholoside a donc été obtenu sous la forme α à haut pouvoir rotatoire.

Propriétés chimiques. — *Pouvoir réducteur.* — Le sophorose est réducteur. Le dosage, effectué selon la méthode de M. Gabriel Bertrand, montre qu'un gramme réduit comme $0^g,39$ de glucose. Il est donc probable qu'une des fonctions aldéhydiques est libre, l'autre étant bloquée sous forme de liaison holosidique.

D'ailleurs l'oxydation par l'iode en présence de CO^3Na^2, selon la technique de M. J. Bougault [3], nous démontre clairement la présence d'une seule fonction aldéhydique libre et nous permet de calculer le poids moléculaire, qui est trouvé de 355. L'analyse élémentaire conduit à la formule $C^{12}H^{22}O^{11}.H^2O$ (P. M. 360).

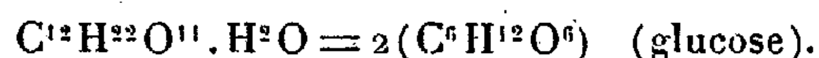
Hydrolyse sulfurique. — L'hydrolyse a été effectuée au bain-marie

---

([3]) *Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, 6, 1017, p. 33-97 et 713.

bouillant en tube scellé : $0^g,103$ de produit sont dissous dans 20^{cm^3} d'acide sulfurique à 1,5 pour 100. Après 2^h30^m de chauffe, l'hydrolyse est terminée. Le dosage du sucre réducteur indique la formation de $0^g,103$ de sucre réducteur exprimé en glucose. Le pouvoir rotatoire de cet ose est voisin de + 52°. Le liquide hydrolysé fournit une osazone cristallisée en branches de genêt, très peu soluble dans l'alcool méthylique froid, qui fond à 229°; c'est la glucosazone.

L'équation de l'hydrolyse est



$$C^{12}H^{22}O^{11}.H^2O = 2(C^6H^{12}O^6) \quad \text{(glucose)}.$$

Hydrolyse fermentaire. — L'émulsine hydrolyse facilement cette holodiglucoside : $0^g,20$ de produit sont dissous dans 20^{cm^3} d'eau toluénée. On ajoute $0^g,10$ d'émulsine. Après 5 jours, la solution renferme $0^g,195$ de sucre réducteur exprimé en glucose et le pouvoir rotatoire de ce sucre est voisin de + 52°. La liaison holosidique est donc probablement une liaison β.

Dosage d'acétyle. — Le dosage des groupements hydroxyles acétylables a été effectué selon la méthode de M. Delaby [4] et Mlle Breugnot, appliquée par nous au dosage des glucides.

Le diholoside renferme 8 OH acétylables. Le dérivé acétylé a pu être retiré, après le dosage, à l'état cristallisé.

Conclusions. — Le sophorose, holodiglucoside réducteur, a été obtenu à l'état cristallisé sous la forme α. La liaison holosidique est une liaison β. Il cristallise avec une molécule d'eau et sa forme brute est $C^{12}H^{22}O^{11}.H^2O$.

Il renferme 8 hydroxyles acétylables. Il est hydrolysable par les acides dilués à chaud et par l'émulsine en fournissant du *d*-glucose.

Par ses constantes physiques, il diffère du gentiobiose et du cellobiose. Son étude est poursuivie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence d'amygdonitrilglucoside dans le genre* Cotoneaster *et quelques autres Rosacées.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En 1935, j'ai extrait l'amygdonitrileglucoside d'une vingtaine d'espèces de *Cotoneaster* [1].

J'ai continué cette étude en appliquant la méthode décrite précé-

---

(4) J. Rabaté, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 2112.

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 352.

demment ([2]). Des essais biochimiques avec dosages d'acide cyanhydrique et des épuisements à l'éther nous ont permis de conclure à la présence d'amygdonitrileglucoside dans toutes les Rosacées à acide cyanhydrique examinées.

Au cours de ces recherches, l'amygdonitrileglucoside a été extrait à l'état pur et cristallisé des plantes suivantes :

Amelanchier alnifolia Nutt. (rameaux); *A. botryapium* Bockh. (rameaux); *A. oligocarpa* Rœm (rameaux).

Cotoneaster bacillaris Wall. (fruits); *C. buxifolia* Wall. (rameaux avec feuilles); *C. Francheti* D. Bois (rameaux); *C. frigida* Wall. (rameaux avec feuilles, fruits); *C. Henryana* Rehd. et Wils. (fruits); *C. integerrima* Medic. (rameaux); *C. lactea* Auct. (rameaux); *C. rotundifolia* Wall. (rameaux avec feuilles, fruits); *C. salicifolia* Franch. (fruits); *C. thymæfolia* Baker (rameaux avec feuilles); *C. Wheleri* Hort. (rameaux avec feuilles).

Cydonia japonica Pers. (rameaux avec bourgeons); *C. Maulei* T. Moore (= *Chænomeles Maulei* Lavall) (rameaux avec feuilles).

Persica Davidiana Franch. (feuilles).

Pirus aucuparia Gärtn. (= *Sorbus aucuparia* L.) (rameaux).

Prunus acuminata Hook. (rameaux avec bourgeons, fleurs); *P. laurocerasus* L. var. *camelliæfolia* (feuilles); *P. laurocerasus* L. var. *shipkænsis Zabeliana* (feuilles); *P. myrobalana* Loisel (= *P. cerasifera* Ehrh.) var. *versicolor* (rameaux); *P. nana* Stokes (= *Amygdalus nana* L.) (rameaux avec bourgeons).

Dans les fruits de Cotoneaster renfermant de l'amygdonitrileglucoside, celui-ci était localisé uniquement dans la pulpe; la graine était exempte d'acide cyanhydrique.

En 1932, J. Rabaté avait déjà extrait l'amygdonitrileglucoside du *Persica vulgaris*, voisin du *Persica Davidiana* ([3]). La méthode biochimique appliquée aux écorces de *Pirus aucuparia* par L. Rosenthaler, en 1925, lui avait fourni l'indice de réduction enzymolytique de l'amygdonitrileglucoside, ce qui lui avait permis de penser à la présence de cet hétéroside dans cette plante ([4]).

La quantité d'acide cyanhydrique renfermée dans l'*Amygdalus nana* var. *Gessleriana* et le *Prunus Pissardii* Carr. (= *P. cerasifera* var. *Pissardii*),

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2120.
([3]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 15, 1933, p. 385.
([4]) *Arch. Pharm.*, 263, 1925, p. 561.

(rameaux avec bourgeons) était trop faible pour nous permettre d'extraire l'amygdonitrileglucoside cristallisé; nous avons seulement obtenu un produit amorphe qui, soumis à la méthode biochimique, nous a fourni le rapport glucose/HCN et l'indice correspondant à l'amygdonitrileglucoside. Il en a été de même pour le *Cotoneaster glaucophylla* Franch. (rameaux avec feuilles) dont je n'ai pas pu me procurer une quantité suffisante.

En outre, la méthode biochimique m'a donné le rapport glucose/HCN et l'indice correspondant à l'amygdonitrileglucoside dans les plantes suivantes:

Amelanchier botryapium (jeunes fruits); *Cotoneaster buxifolia* (fruits); *C. Dielsiana* Pritz. (fruits); *C. lactea* (fruits); *Pirus aucuparia* (feuilles); *P. aucuparia* var. *americana* (rameaux, feuilles); *Prunus laurocerasus* (pédoncules floraux, fleurs, jeunes fruits).

Dans quelques cas, un rapport glucose/HCN supérieur à 6,6 nous a indiqué la coexistence d'autres hétérosides. Dans l'*Amelanchier alnifolia* (rameaux avec feuilles) et l'*A. botryapium* (rameaux, feuilles), l'indice obtenu est faible, ce qui nous fait penser à la présence de picéoside, déjà extrait par J. Rabaté d'une espèce voisine, l'*A. vulgaris* Mœnch ([5]).

De nombreux travaux ont montré la présence d'amygdaloside dans les graines de Rosacées. Nous avons cherché si cet hétéroside ne serait pas accompagné d'amygdonitrileglucoside. Pour cela, nous avons appliqué notre méthode d'épuisement à l'éther aux graines de *Prunus amygdalus* Stokes var. *amara*, *P. armeniaca* L., *P. cerasifera*, *P. laurocerasus* L. dans lesquelles la présence de l'amygdaloside est connue. Nous n'avons pas pu en retirer l'amygdonitrileglucoside; des essais biochimiques effectués sur les extraits éthérés obtenus après épuisement ont confirmé que ceux-ci n'en renfermaient pas.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble donc que, chez les Rosacées (Amygdalées et Pomacées), l'amygdonitrileglucoside se trouve dans tous les organes à l'exception des graines. L'amygdaloside se trouve essentiellement, sinon uniquement dans les graines.

([5]) M Bridel, C. Charaux et J. Rabaté, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 10, 1928, p. 1111.

GÉNÉTIQUE. — *Sur les qualités boulangères des* Triticum, *des* Ægilops *et de leurs hybrides*. Note ([1]) de M. **Émile Miège**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons fait connaître ([2]) la composition chimique des grains et de la farine de diverses espèces et variétés d'*Ægilops* récoltées en plusieurs stations, celle de *Triticum vulgare* H. et de *Trit. durum* Desf., ainsi que celle des hybrides (F. 3 et F. 4) de ces deux blés et d'*Æ. ovata*, var. *nigra*. Cette étude a été complétée par celle des qualités boulangères des mêmes échantillons et nous donnons ci-dessous les résultats obtenus à l'extensimètre Chopin (modèle réduit) et à la panification.

1. *Valeurs extensimétriques*. — *a*. Tous les *Ægilops* ont une teneur en gluten élevée (17,25 à 21,5 pour 100) qui, en dépit de ses variations spécifiques et géographiques, est toujours beaucoup plus forte que celle des *Triticum* (8 à 12,5). Les caractères extensimétriques des pâtes qu'ils fournissent subissent des fluctuations assez larges, surtout pour le (W) (183-292) qui, toutefois, est généralement plus faible que dans les blés (228-363), ainsi que l'élasticité (G), alors que la ténacité (P) est à peu près égale dans les deux genres.

b. Les caractères extensimétriques se comportent, dans les hybrides, comme la composition chimique, c'est-à-dire que le taux de gluten est dominant et beaucoup plus près d'*Ægilops* que de *Triticum;* l'humidité et l'élasticité sont transgressives et plus élevées que dans chacun des parents, dont, par contre, la ténacité (P) et le (W) demeurent supérieurs. On retrouve également les différences qui séparaient la descendance de *Trit. durum* et de *Trit. vulgare*, à savoir que toutes les valeurs extensimétriques diminuent de la F. 3 à la F. 4 dans la première, alors qu'elles augmentent (légèrement) dans la seconde.

2. *Panification*. — *a*. La plupart des caractères d'*Ægilops* sont uniformes et voisins de ceux de *Trit. durum;* c'est ainsi que le pouvoir d'hydratation des farines et le rendement panaire sont à peu près les mêmes (64-65 et 140, 140); toutefois, le volume du pain est généralement un peu plus élevé et son poids spécifique légèrement plus faible avec *Ægilops*, alors que son humidité est toujours plus grande (33-34). Par contre, *Trit. vulgare*

([1]) Séance du 13 décembre 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 928.

est franchement dissemblable, avec un pouvoir d'hydratation (60), un rendement (135), un poids spécifique (0,421) et une humidité (28 pour 100) nettement inférieurs. Les pains d'*Ægilops* sont de couleur bise, et même beige, à odeur aromatique, à mie compacte et croûte épaisse.

b. Les hybrides sont caractérisés par une amélioration très sensible de la qualité, qui se traduit par une diminution du pouvoir d'hydratation (60-61), de l'humidité (28-30) et du poids spécifique du pain (0,391-0,400) et par une augmentation de son volume (330-340); seul, le rendement est réduit (135) et égal à celui du blé tendre. Les produits sont de couleur crème, d'odeur agréable, à texture encore assez fine, et mieux levés que ceux obtenus avec les blés seuls. Comme précédemment, et comparativement à la F. 3, la F. 4 tend à se rapprocher du géniteur sauvage dans l'hybride *T. durum*, et du parent cultivé dans l'hybride *T. vulgare*.

La qualité du pain (volume et poids spécifique) se comporte donc ici comme un caractère transgressif. Ces résultats montrent que l'emploi d'*Ægilops* comme géniteur est susceptible d'améliorer la valeur boulangère des blés et la qualité du pain.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Quelques effets observés comme suite au traitement de graines et de boutures par diverses substances et spécialement par l'hétéroauxine*. Note de M. **Joseph Lefèvre**, présentée par M. Émile Schribaux.

Les observations rapportées ci-dessous ont été effectuées sur des végétaux traités comme suit :

A. Graines. — La comparaison a été établie entre graines d'abord mises à gonfler, par trempage, pendant 48 heures, soit dans l'eau, soit dans diverses solutions aqueuses : *a*. Indol-β-acétique (hétéro-auxine) à 0,1 pour 1000; *b*. Dichloréthylène à 1 pour 1000; *c*. Monochlorhydrine du glycol à 1 pour 1000; *d*. Acide phénylacétique à 0,5 pour 1000; puis disposées à la température du laboratoire (Paris, mai à août) dans des boîtes de verre, sur des lits de coton hydrophile imbibé, soit d'eau, soit de la même solution qu'au trempage. (Certains lots de plantules ont été ensuite repiqués dans de la terre ordinaire de jardin et suivis jusqu'à maturité avec arrosages, soit à l'eau seule, soit avec l'une des solutions.)

Sauf brèves indications de références, la présente Note se limitera aux effets produits par l'hétéro-auxine au cours de la germination des graines et de la première croissance des plantules.

B. Boutures. — Aussitôt la coupe, leurs quelques centimètres inférieurs ont été immergés pendant 48 heures, soit dans l'eau, soit dans une solution d'hétéro-auxine à 0,1 pour 1000.

Après rinçage, pour le second lot, elles ont été, soit repiquées au jardin, soit maintenues par leur base dans de l'eau ordinaire fréquemment renouvelée.

A. Graines. — 1° *Sur* Phaseolus (multiflorus *L. et* vulgaris *L.*). — Nous avons spécialement observé l'épaississement très marqué de l'axe hypocotylé et de la radicule, l'arrêt rapide de croissance de la racine principale souvent réduite à un court pivot, l'apparition sur la racine principale, parfois aussi sur l'axe hypocotylé, d'un nombre si considérable de racines secondaires, qu'elles sortent en paquets serrés des mêmes points d'insertion en soulevant et déchirant l'écorce des organes épaissis et déformés. Mais nous avons aussi et surtout observé une *fasciation* très fréquente des racines secondaires (toutes les plantules en présentaient au moins quelques-unes, alors qu'aucune n'est apparue sur les témoins).

2° Des observations semblables ont été faites sur *Pisum sativum* L., où nous avons même trouvé des fasciations de la racine principale.

3° *Sur* Zea Maïs *L.* — Nous avons pu observer un renflement bulbeux bien marqué à la base de la gemmule, très nettement ralentie dans sa croissance; le raccourcissement et l'épaississement de la racine principale, d'ailleurs revêtue d'un véritable duvet de poils absorbants; la sortie sur sa longueur de racines secondaires extrêmement nombreuses, souvent si groupées en certains endroits et surtout à l'extrémité qu'elles y formaient des sortes de larges pinceaux coniques.

Nous n'avons pu d'ailleurs observer ces effets que sur la racine principale, les racines latérales ou coronales, même séminales ne présentaient aucune anomalie marquée dans leur développement en comparaison avec les témoins (nous avons pu noter par contre une excitation très accentuée à *l'élongation* de toutes les racines sous l'influence de la solution *b* Dichloréthylène).

4° *Sur* Raphanus sativus *L. et* Brassica Napus *L.* — Nous avons pu observer, avec un léger raccourcissement de l'axe hypocotylé, une *tubérisation extra-précoce* puisque, avant même que les cotylédons soient entièrement sortis du tégument de la graine, se montraient déjà de véritables petits radis ou navets *ronds* de quelques millimètres de diamètre.

B. Boutures. — 1° *Sur* Aucuba japonica *L.* — *a*. On observe la formation rapide, à la base des boutures traitées, puis immergées dans l'eau par

leur base, d'un cal s'épanouissant progressivement en une sorte de socle épais et large (il prend couramment un diamètre triple de celui du rameau) provoquant le soulèvement et souvent le déchirement de l'écorce à la base. Puis la surface du cal se bosselle, formant de nombreux mamelons coniques très serrés, souvent au point de se comprimer mutuellement (l'apparence rappelle alors curieusement celle de certaines nodosités). Puis la plupart des mamelons se développent, mais assez lentement, en grosses racines courtes, souvent soudées et *fasciées*. Sur les boutures-témoins nous n'avons pu observer aucune formation nette de cal; quelques racines endogènes apparaissent isolément en divers points de l'entre-nœud inférieur; elles s'allongent plus rapidement mais restent beaucoup plus fines que celles des boutures traitées, nous n'y avons observé aucune fasciation.

b. Sur certaines boutures nous avions laissé aux nœuds inférieurs, les pétioles des feuilles, coupés à la naissance du limbe : un assez fort renflement s'est bientôt produit à leur sommet, sous la section de coupe (immergée au traitement), puis sont apparues sur le renflement une ou deux racines courtes et grosses. Après repiquage un peu profond en terre, ces racines ont continué à croître tandis que le pétiole s'épaississait en durcissant (sur les témoins, les pétioles se détachaient après quelques jours).

c. Enfin, sur des feuilles coupées avec leur pétiole, nous avons observé, après traitement, la formation, à la base des pétioles, de cals puis de racines : l'une de ces feuilles trempant par sa base dans une solution nutritive depuis six mois n'a guère développé ses racines que de quelques millimètres et ne montre aucun indice de bourgeonnement.

2° *Dahlia* (var. hort.). — Des boutures faites très tardivement (fin août) et plantées au jardin après traitement à l'hétéro-auxine avaient toutes formé lors de leur arrachage (fin octobre) de nombreux tubercules bien normaux, atteignant souvent 2^{cm} à 3^{cm} de diamètre en leur milieu. A la même date les témoins ne montraient aucun tubercule caractérisé.

ZOOLOGIE. — *Les Amibes du type* limax, *dans leurs rapports avec les Flagellés.* Note de M. **André Hollande**, présentée par M. Maurice Caullery.

On sait que plusieurs Amibes du groupe *limax* sont susceptibles, dans des conditions de milieu déterminées, d'acquérir des flagelles. Observé

pour la première fois par Wasielewski et Hirschfeld ([1]) en 1910, ce phénomène a été confirmé par les recherches de Whitmore ([2]) (1911) et d'Alexeieff ([3]) (1912). Ces auteurs accordent peu d'importance à la phase flagellée et, d'après Alexeieff, contrairement à Whitmore, elle serait toujours caractérisée par la présence de deux fouets. Les formes flagellées n'ont pas été observées en division; elles ne représenteraient, pour les auteurs précités, qu'un stade de dissémination; l'amibe étant le stade végétatif.

Le Protiste serait réellement un Rhizopode.

Au cours de recherches sur les Flagellés libres, nous avons eu l'occasion d'observer plusieurs amibes *limax*, d'en suivre l'évolution et d'en déterminer le cycle. Nos observations diffèrent sensiblement des données classiques et nous amènent à une interprétation nouvelle des amibes du groupe *limax* qui, pour nous, ne sont pas des Rhizopodes, mais représentent simplement des formes évolutives de Flagellés déjà connus et pris, tantôt pour des espèces autonomes, tantôt pour des « zoospores » de dissémination. Tout d'abord, nous observons que les formes flagellées, issues d'amibes *limax*, ne sont point identiques entre elles; elles se présentent au moins sous trois types :

a. des types à deux flagelles, correspondant au genre *Wahlkampfia*, Chatton et Bonnaire (= *Nægleria*, Alex. = *Dimastigamœba*, Blochman).

b. des types à trois flagelles correspondant à *Trimastigamœba*, Whitmore.

c. des types à quatre flagelles correspondant au g. *Tetramitus*, Perty. Au sujet du troisième, nous apportons les précisions suivantes :

Le *Tetramitus rostratus*, ainsi que l'a déjà décrit Bunting (1926), se transforme bien en amibe. Or celle-ci appartient indubitablement au type *limax* : mode de locomotion, forme du pseudopode, position de la vacuole pulsatile. D'autres caractères cytologiques, qu'il serait trop long d'indiquer ici, viennent à l'appui de notre interprétation. Selon les circonstances, le Protiste se maintient sous l'une ou l'autre forme et, contrairement à nos prédécesseurs, nous pouvons affirmer qu'il se multiplie indifféremment à l'état d'amibe ou de Flagellé. La prédominance d'une forme tient au fait que les conditions de milieu qui la font apparaître sont les plus fréquentes :

([1]) *Heidelberg. Akad. Abh.*, 1, 1910, p. 31.
([2]) *Arch. f. Protistenk.*, 23, 1911, p. 71-95.
([3]) *Bull. Soc. Zool. de France*, 37, 1912, p. 2 et 4.

forme amœbienne pour les *Vahlkampfia*, forme flagellée pour les *Tetramitus*.

La forme flagellée se transforme en amibe lorsque la concentration saline du milieu croît, lorsque la culture se fait en milieu confiné (asphyxie ?). Une forte oxygénation, une faible quantité de sels ammoniacaux, sont au contraire favorables à la perpétuation du type flagellé.

Fait très important, la polarité morphologique de l'amibe est inverse de celle du Flagellé; le pôle antérieur de celui-ci correspond au pôle postérieur de l'amibe. Nous reviendrons ultérieurement sur cette importante question de physiologie cellulaire.

Nous conclurons que : 1° les amibes du type *limax* ne sont que des stades évolutifs de Flagellés; 2° le genre *Tetramitus* appartient, par son évolution, par sa morphologie, au type *Vahlkampfia*. Il y a lieu d'isoler tous ces Flagellés dans un groupement autonome, la famille des *Vahlkampfidæ*, parmi les Protomastigines.

ZOOLOGIE. — *L'origine du calcaire dans le squelette tégumentaire des Crustacés Décapodes.* Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Charles Pérez.

La consolidation rapide du squelette tégumentaire après l'exuviation est un fait depuis longtemps connu, observé par tous les auteurs qui ont étudié la mue des Crustacés. Cette consolidation est due à deux processus distincts qui jusqu'à présent n'ont jamais été nettement séparés : 1° l'imprégnation par des sels calcaires des strates schisteuses formées avant la mue et dont l'ensemble constitue la couche pigmentaire; 2° l'édification des strates de la couche principale dans lesquelles le substratum organique et les sels calcaires sont sécrétés simultanément. Quelle est l'origine des grandes quantités de calcium ainsi fixées par les Crustacés dans un intervalle de temps relativement court? La question a été posée par plusieurs auteurs; diverses hypothèses ont été envisagées, mais aucune d'elles n'a jusqu'ici reçu la confirmation d'une preuve décisive. Les trois sources de calcium qui peuvent intervenir soit exclusivement, soit simultanément, sont : 1° les aliments; 2° les réserves calciques accumulées par l'animal avant la mue; 3° les sels de calcium dissous dans l'eau de mer. Mes recherches sur la fixation du calcaire chez les Brachyoures me permettent de préciser le rôle qu'il faut attribuer à chacune d'elles. Bien que relatifs

aux espèces *Maïa squinado* Herbst, *Cancer pagurus* (Linné) et *Carcinides mænas* Linné, les résultats obtenus sont l'expression de processus physiologiques généraux, sans doute valables pour l'ensemble des Crustacés.

1. *L'alimentation.* — L'alimentation ne peut jouer aucun rôle dans l'apport du calcium immédiatement aprés la mue, car les animaux ne recommencent à manger que plusieurs jours après celle-ci (de 4 à 8 jours selon les espèces et la taille des individus). Dans la période où les animaux s'alimentent elle ne joue qu'un rôle tout à fait secondaire; l'étude comparée du développement du squelette chez des individus normalement alimentés et chez des individus soumis à un jeûne total depuis la mue, ne montre aucune différence importante, même si le jeûne est prolongé pendant deux mois. Ceci paraît en contradiction avec les observations de certains auteurs relatives aux espèces qui, un certain temps après la mue, mangent leur exuvie (cas du Homard, d'après Paul et Sharpe, 1916) et y trouvent une source de calcaire. Mais il s'agit là de cas particuliers et, sans nier que chez certaines espèces l'alimentation puisse constituer un apport calcique dont il faut tenir compte, le cas des Brachyoures nous oblige à n'y voir qu'une source, en quelque sorte accidentelle, dont l'animal peut parfaitement se passer. Elle ne peut en aucun cas expliquer l'origine du calcaire mis en œuvre immédiatement après la mue.

2. *Les réserves calciques internes.* — Le cas très spécial de l'Écrevisse, qui avant la mue accumule sur les parois de son estomac des formations calcaires compactes, a conduit les auteurs à rechercher chez d'autres espèces des réserves calciques internes. Des formations analogues à celles de l'Écrevisse n'ont été trouvées que chez le Homard. Paul et Sharpe (1916) ont découvert des quantités importantes de phosphate de calcium, emmagasinées avant la mue dans l'hépatopancréas de *Cancer pagurus ;* ils y voient la source essentielle du calcaire utilisé après la mue pour l'édification du squelette. J'ai constaté une mise en charge analogue chez toutes les espèces étudiées : *Portunus puber*, *Carcinides mænas*, *Xantho floridus*, *Maïa squinado*. Comme chez *Cancer pagurus* ces réserves disparaissent en majeure partie après la mue et servent à l'édification du squelette. Il s'agit donc là d'un processus tout à fait général chez les Brachyoures.

Mais la quantité de calcium ainsi mise en réserve est tout à fait insuffisante pour rendre compte de celle qui est fixée dans le squelette, même au cours des premiers jours qui suivent la mue. Les résultats de dosages de calcium faits à différents stades dans le squelette et l'hépatopancréas de *Maïa squinado* sont tout à fait significatifs à cet égard. Je ne donnerai pas ici de

tableau de chiffres, mais seulement une indication sur l'ordre de grandeur des quantités mises en jeu, d'après les moyennes de plusieurs dosages. Dans un individu de *Maïa squinado* pris 4 heures après la mue, et pesant 100^g, le poids sec du squelette tégumentaire total est environ $1^g,4$; il ne contient à ce stade (antérieur au début de la calcification) que 25^{mg} de Ca par gramme de poids sec, soit ici 35^{mg}. L'hépatopancréas dont le poids sec est alors d'environ $1^g,5$ contient environ 120^{mg} de Ca. Or, quatre jours plus tard, bien avant que l'animal puisse s'alimenter, le poids sec du squelette tégumentaire est passé à 3^g et le taux du Ca est de 200^{mg} par gramme de poids sec, soit 600^{mg} en tout. Il y a donc en quatre jours 565^{mg} de Ca fixés sur le squelette, soit près de cinq fois la réserve calcique de l'hépatopancréas. Le Ca du liquide cavitaire ne représentant qu'une quantité très faible (quelques centigrammes), il faut obligatoirement faire intervenir un apport extérieur.

3. *Le calcium de l'eau de mer.* — Après la mue les Crustacés puisent donc la plus grande partie de leur calcium dans l'eau de mer qui en contient en moyenne 500^{mg} par litre. J'ai donné de ce fait une preuve directe en élevant des Crustacés (*Maïa squinado*, *Cancer pagurus*, *Carcinides mænas*) qui viennent de muer dans de l'eau de mer confinée et aérée, pendant des périodes variant de 5 à 12 jours.

S'ils sont mis en eau confinée 2 ou 3 jours après la mue, la calcification de la carapace reste au stade précis où elle était au début de l'expérience; elle est donc totalement arrêtée, les animaux ne disposant que d'une quantité minime de calcium. S'ils sont mis en expérience immédiatement après la mue, on observe un début de calcification, puis un arrêt. C'est ce début de calcification réalisé aux dépens des réserves de l'hépatopancréas qui a sans doute incité Paul et Sharpe à conclure d'une expérience analogue, à l'inutilité d'un emprunt calcique au milieu extérieur. En réalité ces réserves ne permettent jamais l'édification complète du squelette tégumentaire.

En résumé, si la première consolidation de la carapace met en œuvre les réserves calciques internes, si l'alimentation peut accessoirement fournir du calcaire aux Crustacés, c'est l'eau de mer qui représente pour eux la source essentielle de calcium; les ions Ca*y* sont absorbés sélectivement, vraisemblablement au niveau de la surface branchiale, où la chitine reste mince et perméable.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Excitation d'un entre-nœud de Nitella par le courant d'action d'un entre-nœud contigu, addition latente.* Note de M. **Daniel Auger**, présentée par M. Louis Lapicque.

W. J. W. Osterhout et S. E. Hill (¹) ont déjà signalé la possibilité de l'excitation d'un entre-nœud par le potentiel d'action d'un autre, grâce à l'établissement d'un pont, constitué par un siphon rempli d'une solution salée, par-dessus la cloison qui sépare les deux cellules. Travaillant d'une façon différente, nous avons pu réaliser plus simplement cette expérience, en juxtaposant deux entre-nœuds. N1 et N2 sur une certaine longueur (*fig.* 1). En excitant l'extrémité E de N1, nous constatons que la variation négative arrivant au point T est capable de produire une nouvelle variation négative sur l'autre entre-nœud. Celle-ci peut être recueillie en N2. L'enregistrement a été réalisé à l'aide de deux amplificateurs I et II dont les bornes-terre, communes (²), sont reliées au point T, tandis que les bornes-grilles sont reliées respectivement aux points N1 et N2, à l'extrémité de chacun des deux entre-nœuds.

Le passage du courant d'action d'une cellule à l'autre se présente sous deux aspects différents suivant l'étendue du contact :

1° Si les deux entre-nœuds se touchent sur une longueur de plus de 1^{cm}, c'est d'emblée que N1 peut exciter N2.

2° Si la zone de contact est réduite à 3 ou 4^{mm}, il faut plusieurs courants d'action de N1 pour que N2 puisse être stimulé. Au-dessous de 3^{mm}, il n'est plus possible de réaliser le passage.

Ce rôle de l'étendue du contact apparaît clairement dans le graphique reproduit en 2°, figure 2; la transmission avait lieu d'abord à chaque influx; au moment marqué par une flèche descendante la zone de contact a été réduite, la réponse R n'apparaît plus qu'à chaque troisième influx.

Dans la figure 2, n° 1, nous donnons un enregistrement où il y a quatre courants d'action de N1, avant que N2 soit stimulé, fournissant alors un

(¹) W. J. V. Osterhout et S. F. Hill, *J. Gen. Physiol.*, 18, 1934, p. 369.

(²) Cette communauté a l'inconvénient que la variation négative de N1 dérive vers le circuit N2; mais, par suite de la très grande résistance de ce dernier circuit, la dérivation, visible sur la figure, est faible par rapport au phénomène étudié; elle permet d'ailleurs de mesurer le temps de latence existant entre le premier courant d'action et le départ du deuxième; ce temps est d'une seconde environ.

courant d'action diphasique classique. L'expérience continuant avec des courants d'action moins espacés, trois suffisent pour obtenir la réponse

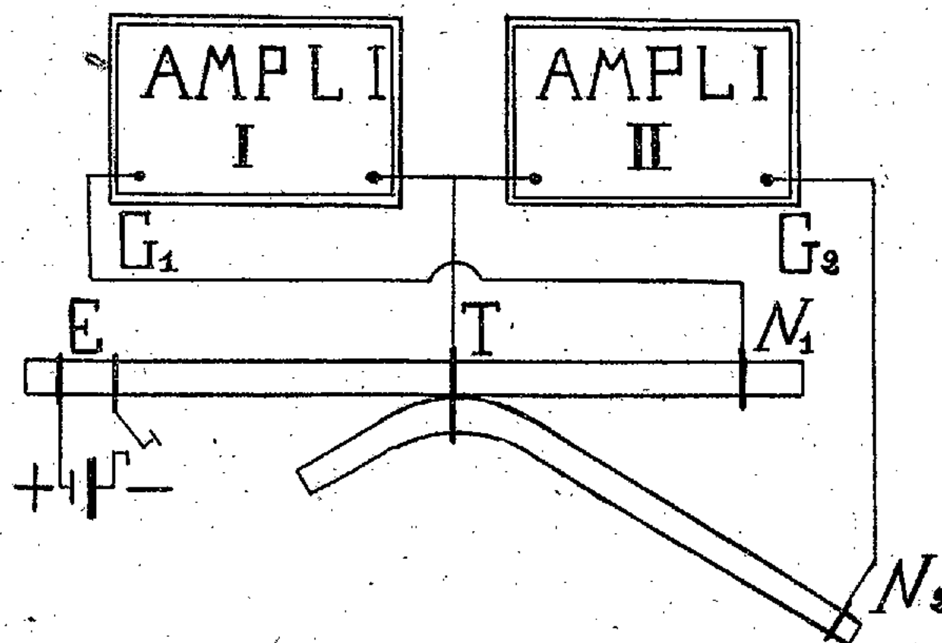


Fig. 1. — Schéma du montage.

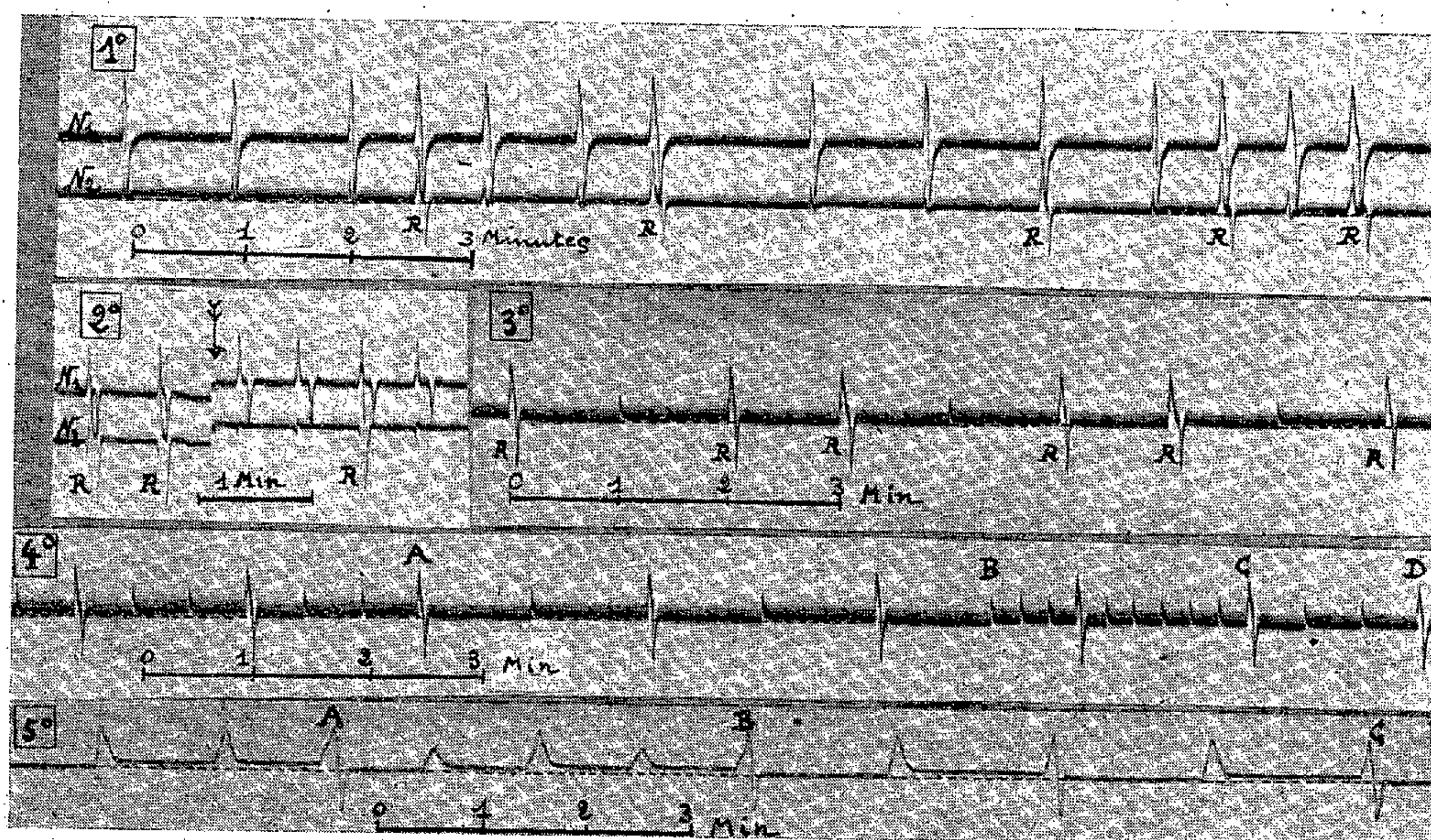


Fig. 2.

1 et 2, excitation de l'entre-nœud N_2 par le courant d'action de l'entre-nœud N_1; 3 et 4, stimulation rythmique par une décharge de condensateur juste liminaire (phénomène d'addition latente); 5, forçage d'un blocage électrotonique, grâce à la répétition du courant d'action.

de N2. Enfin les deux dernières réponses n'ont plus exigé que deux courants d'action par suite des rapprochements des stimuli.

Ces faits rentrent dans les lois connues de l'addition latente. Nous nous sommes d'ailleurs assuré que l'on pouvait les retrouver en appliquant à la Nitella des ondes électriques (décharges de condensateurs, nos 3 et 4 de la figure 2). Celles-ci sont efficaces sous une différence de potentiel égale à peine à la moitié de celle qu'on peut dériver de la Nitelle quand elle est le siège d'une onde de négativité.

Nous croyons intéressant de rapprocher ces deux phénomènes d'addition latente d'un troisième que nous avons déjà signalé ([3]), le forçage d'un blocage électrotonique situé entre les deux électrodes réceptrices par la répétition du courant d'action. Nous donnons un exemple figure 2, n° 5. On peut voir qu'il a fallu trois courants d'action pour franchir le bloc; puis, les excitations continuant sur un rythme un peu plus accéléré (1 par minute), il en a fallu quatre pour obtenir la réponse diphasique. Enfin, si nous espaçons les excitations de 1 minute 1/2, le blocage est forcé par deux courants d'action.

Un fait capital que nous n'avons pas encore cité jusqu'ici ressort de ces trois cas d'addition latente; c'est l'apparition d'un potentiel retardé se manifestant après les stimuli ou les courants d'action en apparence inefficaces. Sur les graphiques, nous avons prolongé la ligne de base pour mettre en évidence ce potentiel retardé qui, comme on peut le voir, disparaît lorsque la réponse a été obtenue.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherches au sujet de l'influence des eaux minérales sur la respiration tissulaire. Constitution d'un système de recherches au moyen de la technique de Warburg.* Note ([1]) de MM. **Marius Piéry**, **Jean Enselme** et Mlle **Simone Petel**, présentée par M. Charles Achard.

Il est généralement admis que certaines eaux minérales exercent une action favorisante sur les respirations tissulaires. Depuis un certain nombre d'années ces respirations peuvent être jugées exactement au moyen de l'appareil de Warburg. Il nous a donc paru intéressant d'étudier le rôle respiratoire exercé sur les tissus par les eaux minérales au moyen de cet appareil. Toutefois, les ions jouent dans les eaux minérales un rôle capital pour la détermination de leurs propriétés. Préalablement à toutes

---

([3]) *Comparaison entre la rythmicité des courants d'action cellulaires chez les Végétaux et les Animaux*, Paris, 1935.

([1]) Séance du 13 décembre 1937.

recherches sur l'action respiratoire des eaux minérales, il apparaît donc indispensable de fixer le rôle de chacun des ions constituants. C'est à cette étude analytique que nous avons consacré les expériences qui sont rapportées ici.

Technique. — Nous avons utilisé l'appareil d'O. Warburg tel qu'il est décrit par cet auteur ([2]).

La quantité x d'oxygène prévue est donnée en millimètres cubes par la formule

$$x = h \frac{\left(\mathrm{V}g \frac{275}{\mathrm{T}} + \mathrm{V}f^{\alpha}\right)}{(10000)},$$

dans laquelle T est la température absolue de l'expérience, α le coefficient d'absorption de l'oxygène à T°, Vf volume total du liquide de la cuve, Vg volume de la cuve en millimètres cubes. Ce chiffre est rapporté à la capacité oxygénée de un centimètre cube de sang et calculé pour une heure. Nous l'appelons alors, avec Warburg, intensité respiratoire.

Tout le matériel et les réactifs doivent être stériles.

Oie n° 1.

Date.	Nombre de jours écoulés entre deux ponctions.	Intensité respiratoire.
3/2		189
9/2	6	190
12/2	3	–
2/3	20	166
11/3	9	167
20/3	9	–
13/4	23	–
17/4	14	172
29/4	2	193
7/5	8	224
21/5	14	–
26/5	5	–
3/6	7	366

Oie n° 2.

Date.	Nombre de jours écoulés entre deux ponctions.	Intensité respiratoire.
8/2		181
10/2	2	259
26/2	16	–
10/3	14	181
16/3	6	–
9/4	23	286
15/4	6	–
28/4	13	298
4/5	6	–
20/5	16	271
25/5	5	–
2/6	7	409

Les globules sont placés dans des solutions isotoniques de sels ou dans des mélanges de solutions isotoniques de divers sels. Nous ajoutions parfois de petites doses d'acide ascorbique afin de juger de l'action de cet acide.

([2]) *Métabolisme cellulaire et métabolisme des tumeurs*, **1**, 1928, p. 117.

1° Nous avons vu qu'au fur et à mesure de nos expériences, nos oies, qui avaient été ponctionnées à la veine de l'aile pour des prélèvements de sang de 20^{cm^3}, accroissaient l'intensité respiratoire de leurs globules nucléés. Le tableau ci-dessus, qui donne les dates des ponctions et des intensités respiratoires, montre bien ce phénomène.

On voit donc que, pour qu'une expérience soit significative, elle doit toujours comparer l'intensité respiratoire des mêmes globules recueillis par la même ponction et traités de manière aussi semblable que possible, les différences expérimentales étant strictement notées.

2° Sur ces globules, les additions d'acide ascorbique ont provoqué un accroissement net de l'intensité respiratoire. On peut ainsi résumer ces résultats.

	Intensité respiratoire.				
Milieu chloruré sodique sans acide ascorbique...	198	189	181	190	259
Milieu chloruré sodique avec acide ascorbique...	237	260	229	270	295

L'acide ascorbique a été utilisé à la dose de 0,05 pour 1000. Il s'agissait d'un acide ascorbique cristallisé que nous dissolvions au moment de l'emploi et que nous saturions d'oxygène par un séjour de 1 heure dans des tonomètres à 38°. A cette dilution, l'addition d'acide ascorbique modifie très peu le pH du milieu et d'une façon peu visible à la méthode colorimétrique. Cependant, dans l'étude que nous avons faite des ions, nous n'avons comparé que des solutions contenant la même dose d'acide ascorbique et partant équilibrées au même pH.

3° Il nous a paru intéressant de fixer exactement l'importance de l'isotonicité. Elle est indispensable pour éviter l'hémolyse, mais en dehors de ce phénomène d'hémolyse et dans les limites où il ne se produit pas, il semble que de légères variations dans la composition des liquides de suspension, jouent peu sur le phénomène respiratoire. Les résultats suivants le montrent :

Solution isotonique chlorurée sodique, $I = 119$.

Solution hypotonique chlorurée sodique, 1/5ᵉ du volume étant de l'eau distillée ajoutée à la solution précédente, $I = 122$.

Deux résultats pratiquement semblables.

Ce dernier fait avait été signalé par Warburg.

En résumé, nous apportons ici une technique qui doit permettre de juger de l'activité respiratoire des solutions ioniques.

PHARMACOLOGIE. — *Sur l'activité physiologique de la gelsémine pure.* Note (¹) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Des trois alcaloïdes cristallisés qui ont été extraits du *Gelsemium sempervirens* Ait., la gelsémine, qui est celui qui a été isolé le premier, est, depuis les travaux de Cushny (²) et de Wiki (³), considérée d'ordinaire (⁴) comme peu toxique et peu active pour les mammifères.

Les essais que nous avons faits avec Étiennette Bizet nous ont prouvé que, pour le cobaye, la gelsémine purissime est en effet beaucoup moins toxique que les deux autres alcaloïdes cristallisés du *Gelsemium sempervirens* : la sempervirine et la gelsémine. Cependant, des expériences, que nous avons pratiquées depuis lors, il résulte incontestablement que cet alcaloïde, peu toxique pour les mammifères, est doué chez ces animaux d'une très forte activité physiologique.

Il suffit, en effet, d'injecter au chien $0^{mg},2$ de chlorhydrate de gelsémine par kilogramme (⁵), pour provoquer : d'une part, une très forte chute de la pression carotidienne qui ne revient ensuite que fort lentement au voisinage de son niveau initial; d'autre part, une accélération marquée des mouvements respiratoires. C'est ainsi que, dans l'expérience dont on trouve ici le tracé, l'injection de $1^{mg},2$ de chlorhydrate de gelsémine à un chien de 6^{kg} a fait baisser la pression carotidienne de 179^{mm} à 119^{mm} de Hg, c'est-à-dire de 60^{mm} de Hg.

Plus remarquable encore est le pouvoir que possède la gelsémine de renforcer le pouvoir hypertenseur de l'adrénaline et de supprimer presque totalement l'action apnéisante de celle-ci. C'est ainsi que, chez un chien anesthésié par le chloralose, l'injection de $0^{mg},02$ d'adrénaline avait initialement fait monter la pression carotidienne de 176^{mm} à 259^{mm} de Hg soit de 83^{mm} de Hg, et provoqué une bradypnée très marquée. Mais quand

---

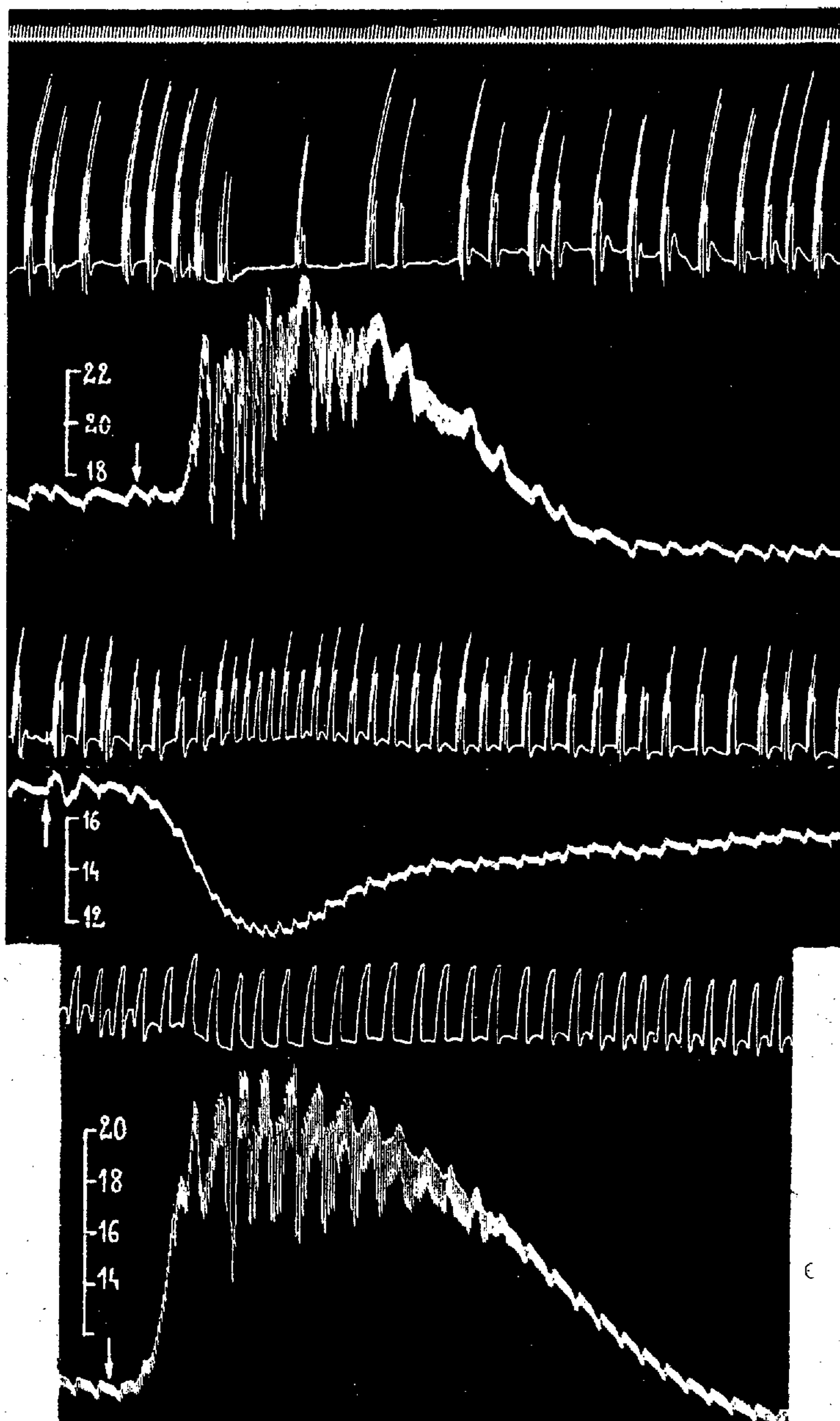
(¹) Séance du 13 décembre 1937.

(²) *Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol.*, 31, 1892, p. 49.

(³) *Contribution à l'étude pharmacodynamique des alcaloïdes du* Gelsemium sempervirens (*Thèse doct. méd.*, Genève, 1900).

(⁴) W. E. Dixon *in* A. Heffter, *Handbuch d. experiment. Pharmakol.*, 2/2, Berlin, 1924, p. 733.

(⁵) Nous avons utilisé un chlorhydrate de gelsémine très pure préparé par T. Q. Chou dans le Laboratoire de Gabriel Bertrand.



Expérience du 8 *mai* 1935. — Chien de 6^{kg}, anesthésié par le chloralose à la dose de $0^{g},12$ par kg. 1re ligne : temps en secondes. 2e, 4e et 6e lignes : contractions respiratoires enregistrées par l'explorateur de la pulsation cardiaque de Marey. 3e, 5e et 7e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. On a injecté, dans la saphène, aux deux points marqués par une flèche ↓, $0^{mg},02$ d'adrénaline en solution dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium, au point indiqué par la flèche ↑, $1^{mg},2$ de chlorhydrate de gelsémine pure dissous dans $1^{cm^3},2$ de ce même soluté. Entre la 1re injection d'adrénaline (tracé supérieur) et la 2e injection de cette amine (tracé inférieur), l'animal a reçu, en 6 injections intraveineuses successives, $48^{mg},2$ de chlorhydrate de gelsémine pure, en solution dans $48^{cm^3},2$ du toujours même soluté. — Tracés réduits des 4/10e.

l'animal eût reçu dans les veines la dose totale relativement faible de 8^{mg} de chlorhydrate de gelsémine par kilogramme, on constata, après injection de la même dose d'adrénaline qu'auparavant, d'une part, que la pression carotidienne s'élevait de 104 à 224^{mm} de Hg, c'est-à-dire de 120^{mm} de Hg; d'autre part, que le rythme des mouvements respiratoires n'était plus que presque indistinctement ralenti. On est évidemment tenté d'attribuer ces modifications de l'action de l'adrénaline à une paralysie gelséminique des mécanismes régulateurs de la pression artérielle et de la respiration.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action des hormones sexuelles sur l'inversion du sexe chez* Xiphophorus helleri *Heckel.* Note de Mlle **Marie-Thérèse Regnier**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans les poissons de la famille des Cyprinodontes, *Xiphophorus helleri* est une espèce à dimorphisme sexuel très marqué et où l'on constate la transformation spontanée de certaines femelles en mâles. L'existence d'une race *indifférenciée*, où *tous* les mâles passent initialement par un stade femelle, a été soupçonnée par divers auteurs. J'ai reconnu l'existence d'une semblable souche et j'ai étudié sur elle, d'une part l'évolution normale des individus, d'autre part leur réaction à diverses hormones sexuelles.

1° *Évolution sexuelle normale.* — Les individus ne se différencient *extérieurement* que lorsque leur longueur dépasse 40^{mm}, à un âge d'au moins six mois, et ceci dans les cas les plus favorables, certains pouvant atteindre 70^{mm}, sans qu'aucun des caractères sexuels secondaires ait apparu. Les mâles se reconnaissent, en particulier, à la différenciation des nageoires anale (gonopode) et caudale (épée); les femelles acquièrent une tache noire, située immédiatement au-dessus des nageoires pelviennes.

L'étude histologique des gonades, dans la souche que j'ai étudiée, montre, d'une façon constante, que : 1° depuis la naissance (taille : 8^{mm}), jusqu'à la taille de 10^{mm}, les individus ont des gonades paires indifférenciées; 2° de la taille de 10^{mm} jusqu'à l'apparition des caractères sexuels secondaires, *tous* ont une gonade impaire qui est un ovaire; 3° ultérieurement *une partie des individus* se transforme en mâles.

Je passe sur la morphologie des gonades indifférenciées, femelles et mâles, que j'ai étudiée complètement, pour traiter succinctement de la transformation des femelles en mâles qui se traduit par les deux étapes suivantes :

Caractères sexuels secondaires.	*État de la gonade.*
A l'extérieur.	Intérieurement.
I. Modification de la nageoire anale (Formation du *gonopode*)	Dégénérescence de l'ovaire.
II. Allongement de la nageoire caudale (Formation de l'*épée*)	Spermatogenèse dans le testicule nouvellement formé

Ces modifications se produisent toujours dans le même ordre. Il importe toutefois de noter que, lorsque la transformation se produit chez une femelle mûre, c'est-à-dire possédant la tache noire caractéristique, la dégénérescence de l'ovaire commence pendant la disparition de la tache et se continue pendant la formation du gonopode.

Dans tous les cas, la dégénérescence de l'ovaire est caractérisée par l'atrésie des follicules, l'effraction des parois de la gonade par ces follicules dégénérés, qui envahissent alors, non seulement la cavité générale, mais aussi les différents viscères et le revêtement musculaire [1]. L'épithélium de la cavité ovarienne médiane reste en dehors de la désintégration. Il deviendra actif, proliférera et sera à l'origine de la formation du testicule.

II. *Action des hormones.* — J'ai cherché si les processus précédents pouvaient être modifiés par l'action d'hormones sexuelles.

a. J'ai effectué des injections intramusculaires de propionate de testostérone, sous forme de solution huileuse à 1 pour 100 (environ $0^{mg},5$), à raison de deux par semaine, à des femelles mûres.

A la troisième injection, on note une disparition de la tache noire de maturité, en même temps qu'apparaît une ligne noire au bord ventral de la nageoire caudale. A la cinquième injection, une ébauche d'épée apparaît distinctement et, à la septième injection, elle prend une coloration verdâtre et se borde de noir. L'épée s'allonge ensuite graduellement.

L'examen histologique des gonades des femelles sacrifiées à ce stade montre une dégénérescence de l'ovaire particulièrement massive et présentant certains caractères spéciaux.

Il ne s'agit pas de la transformation normale, dans la souche considérée, des femelles en mâles. En effet, la nageoire caudale s'allonge sans que la nageoire anale se différencie en gonopode. L'épée se développe en l'absence du testicule, l'ovaire étant encore en pleine dégénérescence.

---

(1) Un processus analogue a été décrit par Nichita chez un autre Cyprinodonte, *Girardinus guppyi* (*Arch. Anat. microsc.*, 24, 1928, p. 33-72).

b. Si les injections sont faites à des femelles en gestation, les embryons se résorbent, à moins qu'ils ne soient près du terme, auquel cas ils naissent avec des gonades anormales, témoignant de l'action sur elles de la testostérone.

c. Si la testostérone est injectée à de jeunes individus immatures, mesurant de 10^{mm} à 30^{mm}, la nageoire caudale s'allonge et une épée typique apparaît avec sa coloration verdâtre et ses bords noirs. Pour déclencher le phénomène, 8 à 10 injections sont parfois nécessaires, mais l'apparition de l'épée est accélérée par administration préalable d'hormone gonadotrope (obtenue par précipitation alcoolique, de l'urine de jument gravide), qui, si elle n'était suivie d'injections de testostérone, ne provoquerait que la maturation précoce des femelles.

d. J'ai obtenu également des modifications des gonades par addition, à l'eau des aquariums, de testicule frais (haché) ou desséché (en poudre) de taureau ou de cheval. Les transformations s'effectuent dans des temps très variables et avec moins de régularité.

e. J'ai constaté enfin que des injections d'une hormone femelle (œstrone) arrête l'évolution de l'épée chez l'animal en cours de transformation naturelle, bien que le gonopode soit déjà parfaitement constitué au début de ces injections.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude histologique du tractus génital des souris femelles transformées expérimentalement en* free-martins. Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il a été montré ([1]) que le propionate de testostérone injecté à la souris en gestation provoquait l'intersexualité chez les descendants femelles. Passant du sang de la mère aux embryons, l'hormone mâle détermine, chez ceux du sexe femelle, les mêmes modifications qu'elle produit dans l'appareil génital des *free-martins* naturels, à la suite des connections vasculaires exceptionnellement établies entre deux embryons de sexe différent. De semblables *free-martins* expérimentaux avaient d'ailleurs été obtenus par M[me] Dantchakoff, au moyen d'injection directe de l'hormone mâle dans l'embryon de cobaye, *in utero* ([2]). Les caractères macrosco-

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 866.

([2]) V. Dantchakoff, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 873; *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 195.

piques de ces souris intersexuées ont déjà été décrits (1); nous envisagerons ici seulement la structure histologique des diverses parties de l'appareil génital de ces animaux, sacrifiés le jour de leur naissance.

1. *Gonades.* — *a.* La partie germinative de la glande génitale n'est pas modifiée : la zone externe, renfermant, dans les travées des cordons de Pflüger, de nombreuses ovogonies, enveloppe une zone médullaire constituée par un tissu épithélial, dont elle est séparée par quelques feuillets conjonctifs comme chez une femelle normale.

b. Les formations wolffiennes de la gonade, qui normalement s'atrophient au cours de l'évolution de l'ovaire, ont, au contraire, pris ici un grand développement. L'étude des coupes sériées montre l'existence de nombreux tubes épithéliaux anastomosés, pénétrant par le hile à l'intérieur de la zone centrale de l'ovaire, dans laquelle on peut suivre leurs sinuosités. Il s'est donc constitué un *rete* très net, alors que l'on n'en trouve que de rares vestiges chez la souris nouveau-née normale.

2. *Conduits génitaux.* — En dehors de la gonade, le *rete* se continue par des tubes épithéliaux qui remontent au-dessus de l'ovaire, où ils vont former un épididyme exactement comparable à celui du mâle nouveau-né. On compte facilement une vingtaine de tubules dans une coupe passant à ce niveau, alors que l'on n'en trouve que deux ou trois, rudimentaires, à lumière virtuelle, chez une souris normale de cet âge. A l'épididyme fait suite un canal, qui redescend le long de l'ovaire : c'est le canal de Wolff, dont la paroi est formée par une seule assise de cellules cubiques à noyaux arrondis. Son diamètre est plus petit que celui de l'utérus, mais comparable à celui du canal déférent de la souris mâle nouveau-née. Le développement de ces conduits génitaux mâles, chez l'embryon femelle, ne semble pas avoir modifié celui des voies femelles : près du hile, où s'est constitué le *rete*, l'extrémité du canal de Müller s'ouvre par un orifice en forme de cupule dans la cavité qui entoure l'ovaire. A partir de cet orifice, le canal, après avoir décrit une anse verticale, redescend pour se rapprocher du canal de Wolff correspondant, les deux conduits se plaçant parallèlement dans le même méso, le long de la paroi dorsale de la cavité abdominale :

a. Les conduits de Müller, qui, à ce niveau, constituent l'oviducte, puis plus bas les cornes utérines, ont un épithélium formé de deux ou trois assises de cellules hautes, serrées, à noyaux très allongés. Les deux cornes se fusionnent ensuite en un utérus dont la lumière se rétrécit peu à peu, à mesure que l'on se rapproche de son extrémité inférieure. A un niveau correspondant au bas fond de la vessie, l'utérus émet, sur sa paroi anté-

rieure, deux évaginations épithéliales pleines, dont l'homologue n'a pas été trouvé chez les souris normales. Au-dessous, une lame conjonctive va séparer plus ou moins complètement la cavité de l'utérus en deux tronçons. Finalement, l'utérus prend l'aspect d'un cordon plein, dont l'épithélium ressemble maintenant à celui de l'urèthre et il va s'aboucher, en se bifurquant, dans deux diverticules du sinus urogénital, séparés par une saillie de la paroi uréthrale dorsale (correspondant à ce qui a été dénommé improprement *colliculus seminalis* chez la souris mâle).

b. Les deux canaux de Wolff descendent parallèlement aux cornes utérines dans la cavité abdominale, mais ne se fusionnent pas; ils se placent parallèlement de chaque côté de l'utérus, et l'encadrent jusqu'à son extrémité. Un peu au-dessus de ce point, ils émettent deux ébauches glandulaires qui remontent le long de la paroi dorsale de l'urètre. Ces glandes, dont l'épithélium est pseudo-stratifié, sont les vésicules séminales, leur lumière est plus large que celle des canaux de Wolff. Contrairement à ce qui se passe dans le cas du cobaye ([3]), elles sont bien développées et leur extrémité libre et contournée est bien visible à la dissection. Au-dessous du point d'émission des vésicules séminales, les canaux déférents continuent à descendre parallèlement à l'utérus; leur lumière reste toujours très nette et ils vont déboucher séparément, au-dessous du point d'abouchement des extrémités utérines, dans les mêmes diverticules du sinus urogénital. A ce niveau, ce dernier émet de nombreuses ébauches glandulaires, exactement comparables aux ébauches prostatiques, que l'on trouve en ce point chez le nouveau-né, mâle normal. Le sinus urogénital se continue ensuite par un urèthre du type mâle.

Ainsi donc, toutes les modifications histologiques obtenues par Mme Dantchakoff chez le cobaye ont été reproduites.

L'étude microscopique d'une femelle, qui, à la dissection, avait paru non modifiée, nous a de plus montré que, si la portion médiane des canaux de Wolff faisait complètement défaut, leurs extrémités crâniales et caudales avaient cependant été stimulées et qu'il existait également une ébauche prostatique nette.

Conclusions. — L'hormone mâle, introduite vers le 13e jour dans l'embryon de souris génétiquement femelle, provoque le développement de tout le tractus génital qui est édifié normalement chez la souris mâle à la suite de son déterminisme génétique. A côté des ovaires, trompes, utérus,

---

([3]) V. DANTCHAKOFF, *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 407 et 516; *Bull. biol. France et Belgique*, **71**, 1937, p. 296.

se sont développés chez ces *free-martins* expérimentaux, un *rete*, un épididyme, un canal de Wolff, des vésicules séminales et une ébauche prostatique débouchant dans un urèthre mâle.

BIOLOGIE. — *Ration d'entretien et ration de croissance dans les populations bactériennes.* Note de M. **Jacques Monod**, présentée par M. Charles Pérez.

Nous avons montré ([1]) que, lorsque, dans une culture pure d'Infusoires, l'influence des déchets toxiques est éliminée, la croissance est limitée uniquement par l'appauvrissement du milieu en aliments.

On obtient alors une relation linéaire entre la concentration initiale de l'aliment et le maximum de densité atteint par la population. Tout se passe en somme comme si la totalité, ou du moins un pourcentage constant de l'aliment était utilisé uniquement à la constitution de la matière vivante nouvelle. Dans ces conditions on ne voit pas qu'il y ait lieu de distinguer comme on le fait d'ordinaire entre ration d'entretien et ration de croissance.

L'existence de cette relation linéaire a été confirmée depuis par certains résultats de Phelps et de Rottier qui utilisaient également des populations de Protistes. Je l'ai retrouvée dans la croissance de cultures pures de bactéries en milieu liquide (*B. subtilis* et *B. coli*) où l'expérimentation est plus facile et plus précise. Grâce à une technique qui sera décrite ailleurs j'ai pu la vérifier avec une précision supérieure à 3 pour 100 dans tous les cas.

Enfin on peut mettre cette relation en évidence de façon plus frappante encore. On peut, en effet, l'énoncer sous une autre forme, en disant que le rendement de la croissance est constant, ou si l'on préfère, que la quantité d'aliment absorbée entre deux divisions consécutives est toujours la même, quel que soit le temps qui s'écoule entre elles.

Cela peut se vérifier directement en ralentissant artificiellement la croissance ([2]), ce qu'il est facile de faire en diminuant la pression d'oxygène dans le milieu. J'ai pu obtenir ainsi des cultures qui atteignaient leur densité maximum 3 ou 4 heures plus tard que les cultures témoins, la durée

---

([1]) Monod, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1513; Monod et Teissier, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 162.

([2]) A condition que le facteur employé pour obtenir ce ralentissement ne soit pas de nature à modifier par lui-même le rendement de la croissance, ce qui serait le cas si l'on utilisait par exemple des variations de température.

totale de la croissance étant pour ces dernières de 8 ou 9 heures. La différence des taux moyens de croissance dépasse alors 30 pour 100 du taux normal. Les maxima atteints étaient pourtant les mêmes dans tous les cas, et cela à moins de 2 pour 100 près. Le rendement de la croissance est donc constant quelle que soit sa vitesse.

Ces nouvelles expériences, où le problème est considéré sous un autre angle, confirment les conclusions que nous avions tirées de l'existence d'une relation linéaire entre la concentration de l'aliment et le maximum de densité de la population.

Cela ne signifie cependant pas nécessairement que le métabolisme de croissance soit seul en cause, que la ration d'entretien soit nulle ou négligeable. On peut supposer que le métabolisme de croissance n'est qu'une mesure du métabolisme général, et que ration d'entretien et ration de croissance sont proportionnelles l'une à l'autre. C'est l'hypothèse qui paraît la plus raisonnable, si l'on tient à conserver la notion d'énergie d'entretien. De plus, elle sera peut-être susceptible de vérification expérimentale. Pour l'instant cependant nous devons nous en tenir à l'interprétation directe des faits.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'influence des agents thermiques sur la nymphose des chenilles de* Chrysiridia madagascariensis *Cram.* (*Uraniidæ*). Note de M. **René Catala**, présentée par M. Maurice Caullery.

La nymphose des chenilles de *Chrysiridia madagascariensis*, influencées *à leur stade prénymphal*, est le plus souvent avancée par l'action de la chaleur et retardée par celle du froid. Ce n'est pas là, cependant, une règle absolue, car le froid, dans certaines conditions, retarde à peine, et quelquefois pas du tout, la nymphose.

Les chenilles, au stade prénymphal, soumises à un traitement (¹) consistant en un abaissement de +17° (température du laboratoire) à —3°, en 5 heures, suivi d'un réchauffement, en 7 heures, de —3° jusqu'à la température de départ, effectueront leur métamorphose 24 heures après, soit environ 14 heures plus tard que les témoins de même âge observés parallèlement pour chaque expérience.

Par contre, un traitement semblable (²), comprenant le refroidissement puis le réchauffement, mais ce dernier en 13 heures au lieu de 7, nous met

(¹) Exp. 777 à 783.
(²) Exp. 41 à 47.

en présence de nymphoses à peine retardées par rapport aux témoins. De même, deux groupes d'expériences, semblables quant aux températures et à la durée de leur action, mais différentes en ce que, dans le premier cas, l'expérience est continue, alors que, dans le second, elle est scindée en deux séances avec une période de repos intermédiaire, nous mettent en présence des constatations exprimées dans les tableaux I et II, et pouvant se résumer ainsi (³) :

N° de l'expérience.	Traitements effectués.	Groupes d'âge (classés d'après le temps en heures qui restait à s'écouler jusqu'à la nymphose). *a* (40 à 30).	Moy.	*b* (30 à 20).	Moy.	*c* (20 à 10).	Moy.	*d* (10 à 0).	Moy.
		I. *Expériences continues* ([a]).							
91	58h de froid régulier à une moyenne de +1°	15 à 20	16,30	23 à 26	24,30	29 à 33	31,30	32 à 36	34
92	57h de froid régulier à une moyenne de +2°	14 à 17	15	18 à 19	18,30	22 à 27	24,30	28 à 35	31,30
95	59h de froid régulier à une moyenne de +1°	15 à 20	17	20 à 25	22,30	26 à 30	28	38 à 42	40
97 ([b])	64h de froid régulier à une moyenne de +1°,5	15 à 27	22	28 à 35	31	35 à 39	36	38 à 40	38,30
98	61h de froid régulier à une moyenne de +2°	15 à 25	19	20 à 27	23,30	30 à 40	35	39 à 44	41,30
		II. *Expériences comportant deux séances interrompues par un repos.*							
U 16	67h de froid régulier à une moyenne de +1° (48h+19h) avec repos 2h entre les 2 séances	2 à 5	5	5 à 9	6,30	9 à 15	7,30	14 à 18	16,30
U 7	63h à +10° (32 + 31) repos de 2h 30m	1 à 3	1,30	6 à 9	9	9 à 16,3	16,10	16 à 18	17,45
U 9	58h à +2° (28 + 30) repos de 2h 30m	1 à 7	5,30	9 à 14	11	5 à 12	7	14 à 17	16,15
U 10	61h à +2° (27 + 34) repos de 2h	2 à 4	2,30	9 à 14	11,45	10 à 14	12	14 à 17	16,15
U 18	54h à +1° (26 + 28) repos de 4h	3 à 7	5	6 à 9	7,45	10 à 13	11,15	15 à 20	15,50

Nota. — ([a]) Tous les nombres de ces colonnes expriment la prolongation de la période nymphale en heures. ([b]) Pour l'expérience n° 97, les heures des groupes se sont échelonnées ainsi : *a*, 45 à 35; *b*, 35 à 25; *c*, 25 à 10; *d*, 10 à 0.

(³) Le froid inhibant les processus vitaux, c'est à partir du moment où les chenilles recommencent à réagir aux excitations et non pas à partir de la fin du traitement que doit être compté le temps de sommeil prolongé.

1. Les chenilles à un stade prénymphal très avancé (c'est-à-dire qui, dans des conditions de milieu normal, seraient à quelques heures seulement de leur métamorphose) se chrysalideront beaucoup plus tardivement, lorsqu'elles auront été influencées par le froid, que celles qui, tout en ayant subi le même traitement, se trouvaient, au moment de leur entrée en expérience, à un stade beaucoup moins avancé de leur sommeil.

2. Si une période intervient entre les deux traitements, période pendant laquelle les processus vitaux reprennent leur cours normal, la nymphose se produira au bout d'un laps de temps beaucoup moins long, tandis qu'elle aura lieu avec un retard proportionnellement considérable si cette période de repos manque; mais, dans ce deuxième cas, ce sont encore les sujets les plus rapprochés de leur nymphose dont la pupaison aura lieu le plus tard, et inversement.

On peut conclure que ces retardements produits par le froid ne sont pas proportionnels à l'intensité des basses températures ou à la durée de celles-ci, mais que le fait seul de l'intervention du froid suffit à provoquer ces phénomènes. Quant aux sujets traités, dans d'autres expériences, par la chaleur (29° à 40°), ils ne présentent pas, à l'égard du retardement de la nymphose, des écarts de temps considérables comme ceux résultant de l'action du froid, la chaleur, au contraire, nivelant très nettement, pour tous les groupes d'âge, son action toujours activante; autrement dit, une chenille, arrivée récemment au stade prénymphal, ne sera ni moins ni plus stimulée qu'une chenille déjà en sommeil depuis longtemps.

Est-ce en raison du début de l'histolyse que, dans les expériences précédentes, les chenilles subissent par le froid de telles perturbations, ou bien celles-ci sont-elles dues aux réactions du vaisseau dorsal aux variations de température se manifestant, comme nous avons pu l'observer très nettement, par des arythmies très caractéristiques?

Cette dernière hypothèse permettrait d'expliquer les faits constatés par un ralentissement de la circulation générale à une période particulièrement sensible; il est possible que les deux facteurs interviennent. C'est ce que de nouvelles observations, sur cette espèce ou sur des espèces voisines, pourraient peut-être ultérieurement nous expliquer.

GÉNÉTIQUE. — *Apparition d'une nouvelle mutation* culbute *dans deux lignées différentes de souris*. Note de Mme **Nadine Dobrovolskaia-Zavadskaia**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les anomalies de la démarche jusqu'ici connues chez la souris, se ramènent, dans la majorité des cas, à un mouvement de tournoiement dans un plan horizontal. Telle est la *valse*, chez la souris valseuse japonaise (Haacke, 1895; Darbishire, 1902; Yerkes, 1907, etc.), et la *valse* combinée avec des mouvements choréiformes de la tête, anomalie nommée *shaker* (W. Gates, 1926), en raison de ces derniers mouvements. Une anomalie semblable à la précédente a surgi dans notre élevage et a été décrite (¹). Les gènes qui régissent ces trois anomalies sont différents, et on les a désignés par les symboles suivants : *v* pour *valse*, *shl* pour *shaker* américain et sh^2 pour la mutation surgie dans notre laboratoire.

Plus récemment, Dunn (1934) a décrit encore une mutation, *valse chez la souris à queue courte* (*shaker-short*) désignée par le symbole s^t.

La mutation *culbute*, qui nous intéresse actuellement, se distingue de toutes les précédentes par le plan dans lequel se produit le mouvement anormal; elle consiste en un mouvement rotatoire en sens vertical, c'est-à-dire perpendiculaire à celui de la *valse*. L'animal fait un saut périlleux en arrière, retombe sur ses quatre pattes, saute encore, et ces sauts se suivent parfois avec une telle rapidité que l'animal donne l'impression d'une roue en mouvement.

Il y a des formes frustes, comme dans la *valse*. Dans ces cas, l'animal soulève le plus souvent la tête, s'élève sur les pattes de derrière, courbe la tête en arrière, mais ne saute pas. La prédominance du plan vertical dans tous ces mouvements, les distingue des mouvements désordonnés de la tête chez *shakers*.

La mutation *culbute* a surgi, pour la première fois, dans la lignée XVIII, qui aurait pu être apparentée avec notre stock valseur (sh^2), ces différentes lignées appartenant toutes à notre élevage. Un mâle culbuteur ainsi obtenu a été croisé avec plusieurs femelles de la lignée XIX, et la mutation a été étudiée dans cette dernière lignée. Dix mois plus tard, la mutation *culbute*, phénotypiquement semblable à la précédente, est apparue dans la

(¹) *Arch. de Biologie*, 38, 1928, p. 476.

lignée XXX; cette lignée provient d'une autre localité et ne se trouve en aucune parenté avec le reste de notre élevage.

Le croisement de culbuteurs avec des homozygotes normaux ne donne pas en F_1 de descendants mutés, ce qui montre que cette mutation est récessive. Nous la désignons provisoirement par le symbole *clb*. Le croisement de souris de F_1 avec leur parent muté, ou bien, entre elles, amène très souvent l'apparition de *valse* à côté de la *culbute*, dans la descendance.

Les observations ultérieures nous ont conduit à l'idée que *culbute* et *valse* représentent deux allélomorphes d'un seul « locus » muté, tous les deux récessifs par rapport à leur allélomorphe normal; la *culbute* domine le plus souvent (mais pas toujours) la *valse*. Voici les faits :

Après le croisement d'un mâle valseur avec une femelle culbutante, nous avons obtenu 2 culbutants et 4 petits morts en bas âge. Si la *culbute* et la *valse* représentaient deux gènes différents, tous les descendants devraient être normaux.

Un croisement de deux culbutants a été suivi d'une ségrégation de descendants dont les caractéristiques sont dans un rapport correspondant d'assez près à la formule : $clb\,v \times clb\,v = 1\ clb\,clb : 2\,clb\,v : 1\,vv$ (¹); en réalité, il y avait : 1 culbutant, 1 valseur, 1 manifestant la *valse* et la *culbute*, et 1 normal. Nous avons observé plusieurs fois la manifestation des deux anomalies (*valse* et *culbute*) chez le même animal, ce qui peut s'expliquer par la dominance inconstante de *clb* sur *v*; d'autre part, 1 normal aurait justement pu être un hybride pour les deux anomalies n'en ayant manifesté aucune. Des faits semblables avaient été enregistrés dans l'étude génétique d'autres anomalies (Clark, 1934); même les homozygotes pour un caractère muté manquent parfois à manifester leur état génétique. Ce phénomène est connu sous l'appellation anglaise de *normal overlaps*. Nous avons, parmi nos observations, une femelle normale qui, croisée avec son père culbutant, a donné 15 culbutants pour 2 normaux (*normal overlaps* probables), ce qui plaide plutôt en faveur de l'idée qu'elle était un homozygote muté.

Le croisement de culbutants de la lignée XIX avec ceux de la lignée XXX n'a donné que des descendants normaux. Cela prouve que les deux mutations sont régies par deux gènes différents. Leur comportement génétique

(¹) Nous nous servons ici de la lettre *v* pour distinguer tout simplement la *valse* de la *culbute*; les symboles génétiques définitifs ne pourront être fixés qu'après une comparaison de ces deux mutations avec d'autres mutations analogues connues.

sera étudié, avec plus de détails ailleurs, nous ne donnerons ici que quelques conclusions.

1° Une mutation nouvelle *culbute* a surgi, à l'intervalle de 10 mois, dans deux lignées différentes de souris (XIX et XXX); elle est récessive par rapport à l'état normal.

2° L'étude génétique a montré que, malgré leur identité phénotypique, les mutations dans les lignées XIX et XXX sont régies par deux gènes différents et, par conséquent, constituent deux mutations distinctes.

3° Les souris valseuses apparaissent souvent parmi les descendants des culbutants; cela est expliqué, comme manifestation de l'allélomorphisme multiple, sous forme d'une triple série : *culbute*, *valse*, *normal*.

4° La proximité dans le temps de l'apparition des deux mutations présente un fait intéressant au point de vue du rôle relatif de facteurs intrinsèques et de facteurs extrinsèques dans l'origine des mutations.

BIORADIOACTIVITÉ. — *Absorption par des écrans minces du rayonnement du sulfate de potassium et des cendres végétales*. Note de M. **François Artigas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai établi [1] que les cendres des végétaux émettent un rayonnement ionisant imputable à l'élément potassium qu'elles renferment. J'ai confirmé, depuis, cette identification par l'étude comparative de l'absorption du rayonnement β du sulfate de potassium et du rayonnement des cendres par des écrans minces d'étain, d'aluminium et de cellophane.

1° *Absorption du rayonnement β du sulfate de potassium.* — Les résultats antérieurs concernant cette absorption sont très discordants [2]. S'il est admis de façon générale aujourd'hui qu'elle suit la loi exponentielle simple lorsqu'on l'étudie par la méthode électrométrique, on n'est pas d'accord sur les valeurs qu'il faut attribuer au coefficient massique d'absorption μ/ρ de la matière absorbante.

Les courbes que nous avons obtenues sur des couches épaisses de saturation sont d'allure exponentielle (*fig.* 1); en coordonnées logarithmiques elles se traduisent rigoureusement par des droites (*fig.* 2).

Que ce résultat simple ait été atteint, nous croyons pouvoir l'attribuer au

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 691.

(2) Voir à ce sujet F. Artigas, *Thèse de Doctorat*, série A, 1675, Paris, 1937.

fait que, au cours de chaque mesure, j'ai déterminé, en même temps que la valeur I_p de l'intensité du courant en présence du filtre absorbant sous

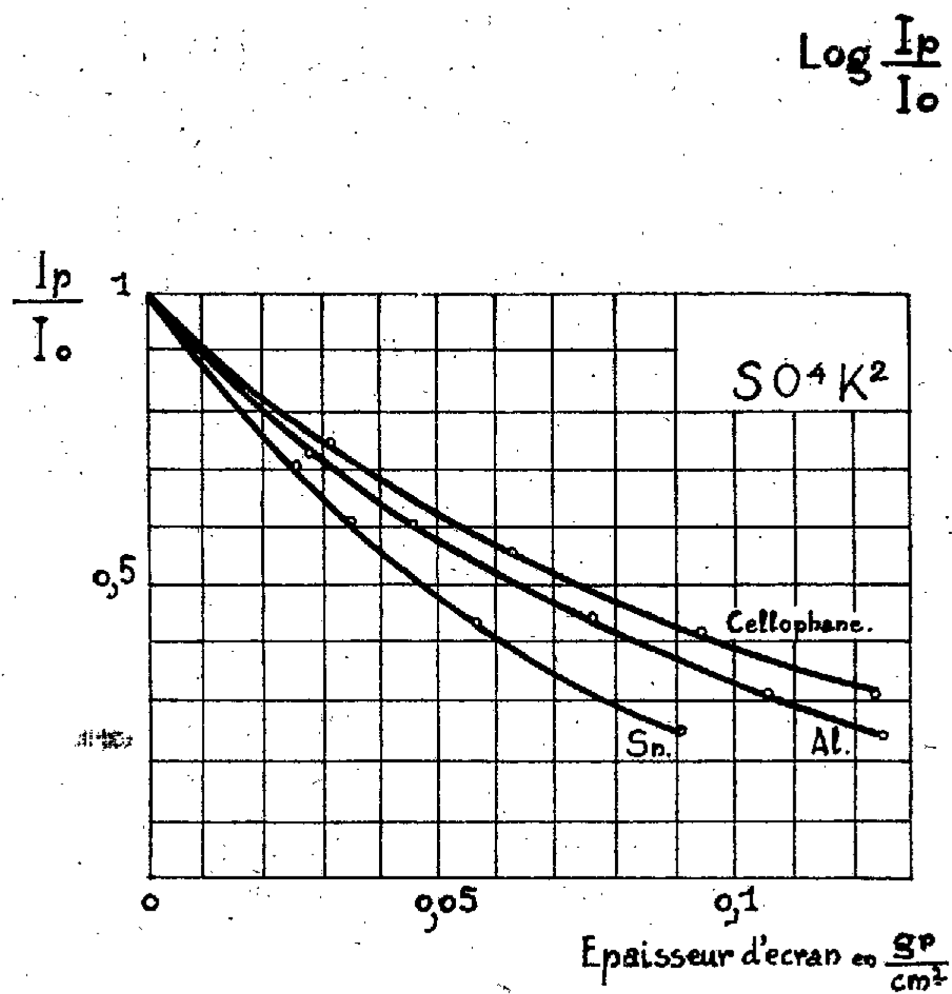


Fig. 1.

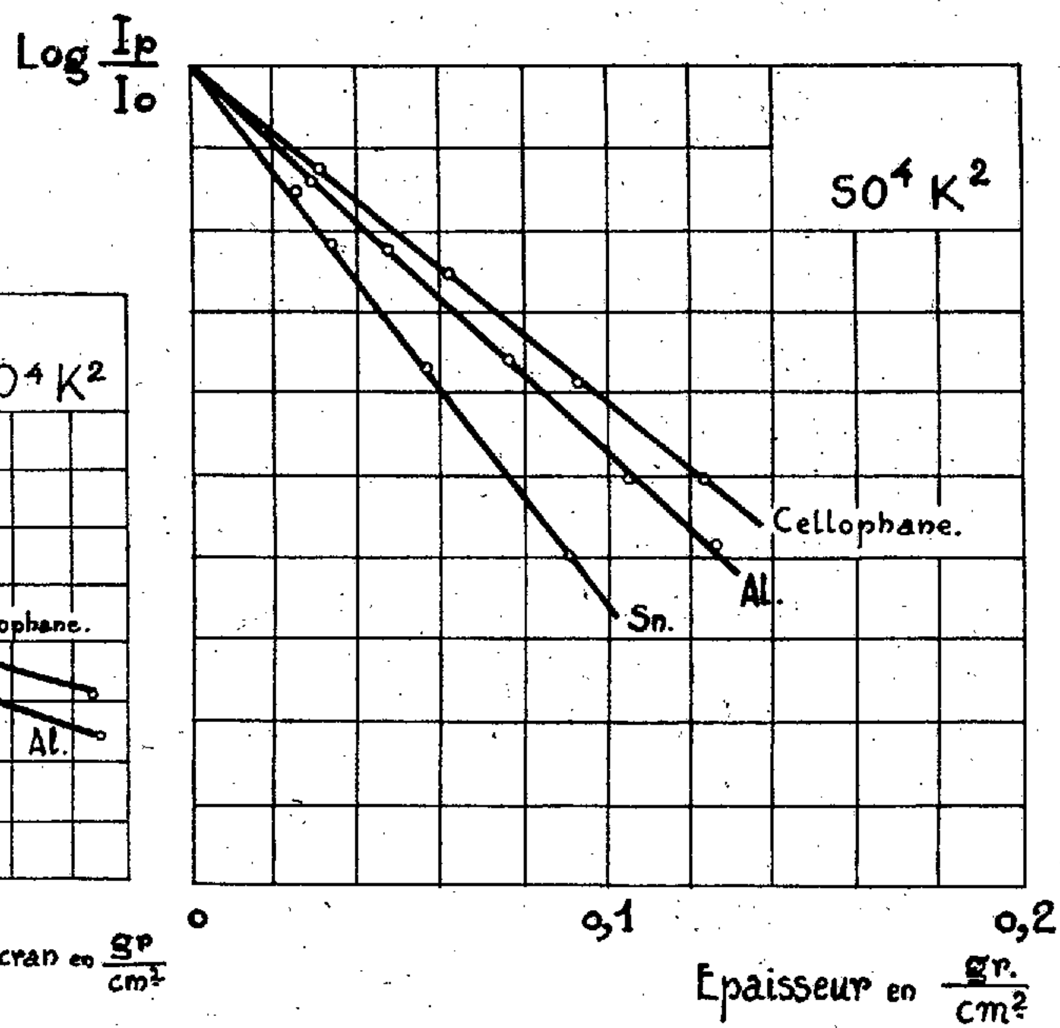


Fig. 2.

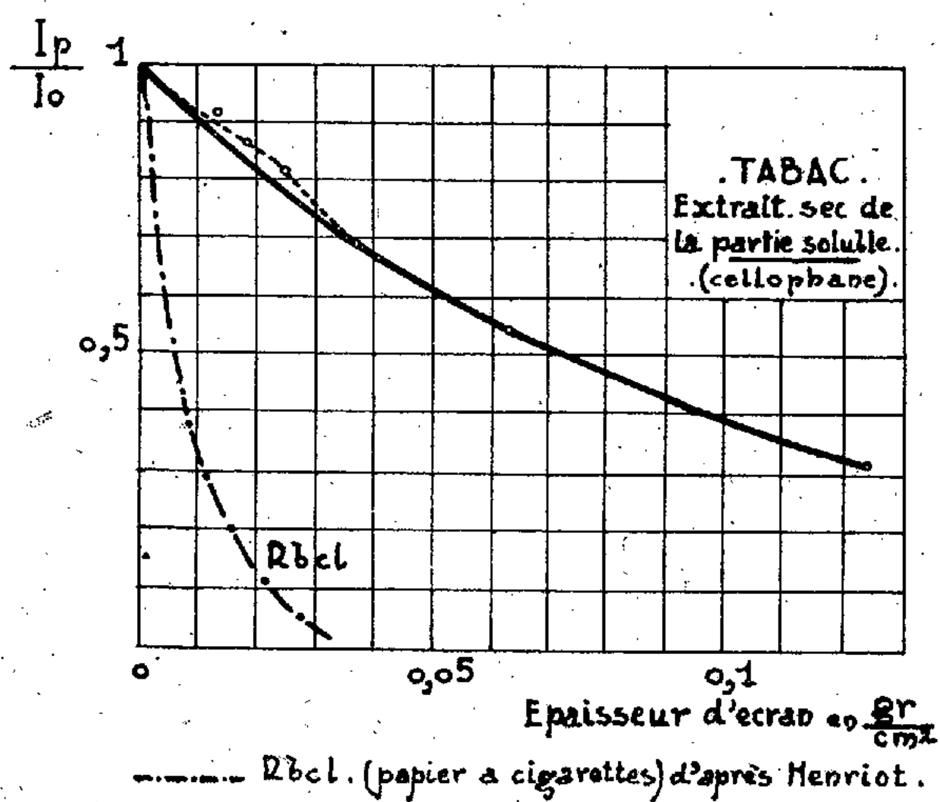


Fig. 3.

l'épaisseur p g/cm², la valeur I_0 de l'intensité du courant sans écran, ce qui permet de se libérer des perturbations qu'entraînent les variations du

mouvement propre de l'électromètre. Il m'a été de la sorte possible, par la relation classique $\mu/\rho = 1/p \operatorname{Log} I_0/I_p$, d'attribuer à l'étain un coefficient bien défini $\mu/\rho = 14,7$, qui s'écarte assez peu de la valeur $\mu/\rho = 14$ obtenue par Henriot ([3]). Pour l'aluminium $\mu/\rho = 11$, alors que M. Kuban ([4]) a trouvé $\mu/\rho = 10,8$. Ces résultats résolvent, je crois, la question de savoir quelles valeurs il faut attribuer à ces coefficients lorsqu'on étudie l'absorption du rayonnement β du potassium par la méthode électrométrique. Ils m'ont permis, en effet, de montrer que la relation linéaire de G. Fournier ([5]) entre μ/ρ et le nombre atomique Z du métal absorbant ($\mu/\rho = a + bZ$ avec $a/b = 105$) pour les divers rayonnements β des éléments radioactifs ordinaires s'applique assez bien à celui du potassium. Les nombres obtenus $a = 9,7$ et $b = 0,1$ permettent d'intercaler très nettement le potassium entre UrX et RaE dans le tableau d'ensemble dressé par G. Fournier. Pour la cellophane $\mu/\rho = 9,4$.

2° *Absorption du rayonnement des cendres.* — La courbe obtenue en absorbant le rayonnement des cendres de Tabac par l'étain coïncide exactement avec la courbe correspondante ci-dessus, relative à SO^4K^2. Pour l'aluminium et la cellophane, la coïncidence rigoureuse subsiste pour les grandes épaisseurs d'écran, mais à l'origine les courbes relatives aux cendres paraissent accuser une discontinuité qui se produit pour une épaisseur d'écran d'autant plus grande que la matière de l'écran est moins absorbante. J'ai retrouvé une discontinuité analogue en absorbant par la cellophane le rayonnement des cendres totales de la Vigne-Vierge et celui de l'extrait sec de la partie soluble des cendres du Tabac (*fig.* 3). La courbe d'absorption du rayonnement β du rubidium par le papier à cigarettes, que je reproduis d'après Henriot, suggère l'influence possible des traces de cet élément présentes dans les cendres. Mais la discussion des erreurs expérimentales et une expérience de contrôle empêchent de conclure qu'il soit possible, en mettant à profit la différence notable des pouvoirs de pénétration de leurs rayonnements β, de déceler le rubidium à côté du potassium, dans les proportions où ces deux éléments s'accompagnent dans les cendres des végétaux.

([3]) Au cours du seul travail expérimental effectué en France sur la radioactivité des métaux alcalins (*Ann. Ch. et Phys.*, 8e série, **25**, 1912, p. 377, et **26**, p. 54).

([4]) *Sitz. Ber. Wien*, II *a*, **137**, 1928, p. 241.

([5]) *Ann. Phys.*, 10e série, **8**, 1927, p. 205.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Détermination des spectres de fluorescence des cendres isolées des tissus de* Rana esculenta. Note (¹) de M. **Georges-Brooks**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A ma connaissance, on n'a pas encore déterminé les spectres de fluorescence des cendres luminescentes isolées des tissus. Dans mes publications antérieures (²), j'ai démontré et précisé pour la première fois, que la substance minérale fluorescente et phosphorescente des tissus de *Rana esculenta* est constituée par un mélange complexe de sels contenant des oligoéléments fluorogènes actifs, le manganèse et le zinc. Les constituants de ce mélange se trouvent probablement dans les tissus à l'état de particules colloïdales, en connexion avec la molécule protéique qui augmenterait la luminosité du système.

Dans le but de vérifier cette hypothèse, j'ai déterminé la répartition des différents spectres de fluorescence des cendres de la peau et des tissus osseux dans l'échelle de longueurs d'onde. La photographie des spectres de fluorescence des cendres de la peau et de leurs sels, chlorures et sulfates, obtenus dans les conditions déjà décrites (³) ne donne que des clichés à peine décelables, bien que ces produits soient fluorescents au microfluoroscope de Reichert. Leurs déterminations nécessitent des poses très longues allant jusqu'à 72 heures. Au contraire, les cendres phosphorescentes des tissus osseux fournissent des spectres corrects dont le temps de poses ne dépasse pas 24 heures.

L'obtention des spectres de fluorescence intense n'a lieu qu'en solution sulfurique. Pour cela on introduit dans un tube de quartz transparent de 1 à 2^{mm} de diamètre, 2 à 5^{mg} de cendres pulvérisées auxquels on ajoute à l'aide d'une micropipette, également en quartz, un demi-centimètre cube de SO^4H^2 concentré et redistillé. Il est indispensable de faire une série d'essais photographiques pour avoir une concentration assez éloignée de l'optimum de fluorescence, ce qui évite l'empâtement des bandes par autoabsorption dans la masse du liquide. Ces tubes sont ensuite scellés au

(¹) Séance du 13 décembre 1937.

(²) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2016, et **204**, 1937, p. 1447.

(³) *VIᵉ Congrès de Chimie biologique*, 11-13 octobre 1937, Lyon.

chalumeau afin de supprimer tout contact de corps étrangers : lièges, poussières, etc.

Pour l'enregistrement de ces spectres, on se sert d'un grand spectrographe spécial pour effet Raman en réglant une fente très fine de 25$^{\mu}$, en vue d'utiliser tout le pouvoir de résolution de l'appareil sans dénaturer les bandes continues. Les spectrogrammes décelables et enregistrés au microphotomètre de Chalonge et Lambert ont un temps de pose inférieur à 20 heures (plaques Ilford double Press supersensible Wellington). L'excitation de la fluorescence est produite par la radiation 3650 Å du Hg. Les spectres sont encadrés par les raies du fer servant de repères de longueurs d'onde.

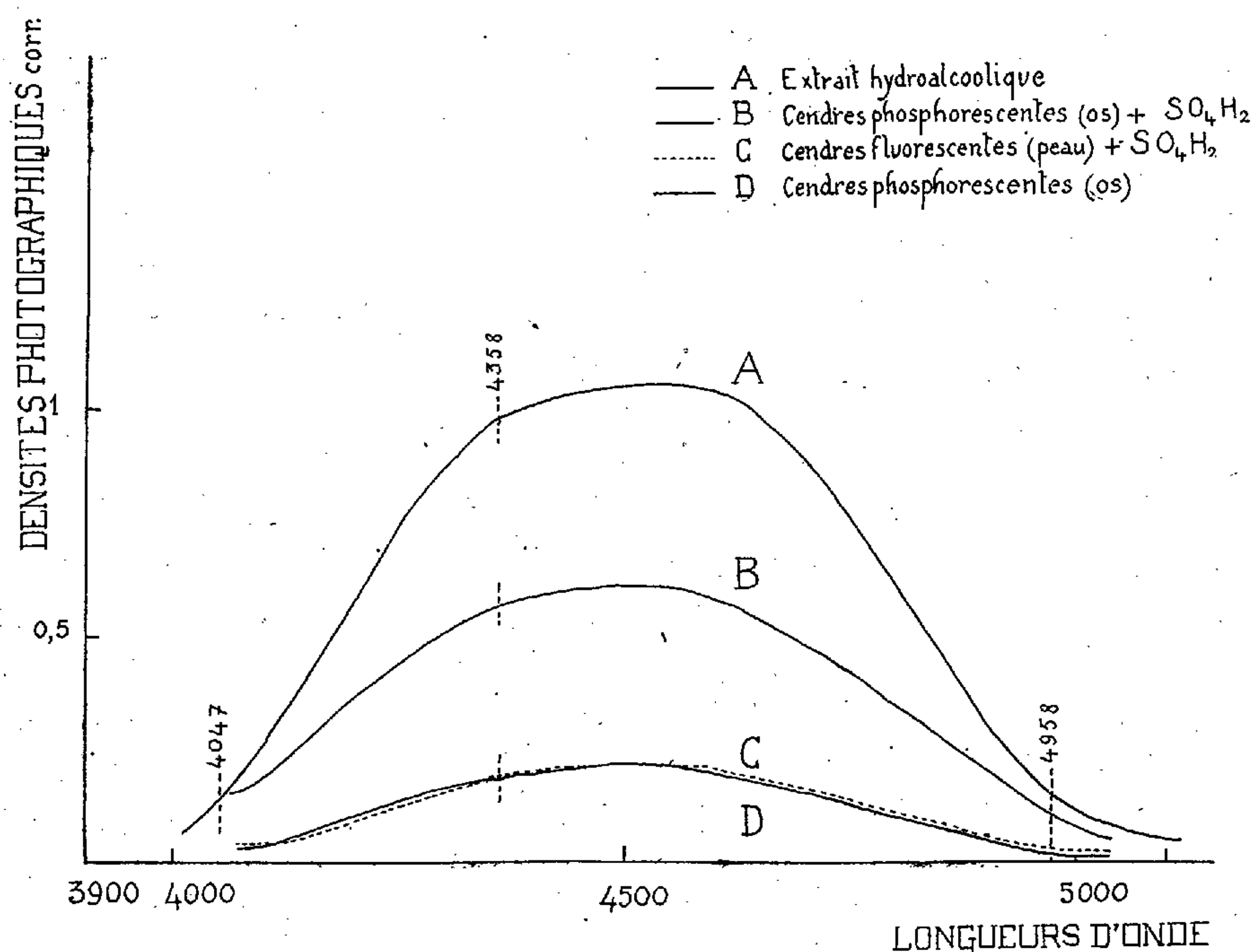


Fig. 1. — Courbes de noircissement.

L'examen des courbes de noircissement A, B, C, D légèrement corrigées (*fig.* 1) montre que les limites d'étalement de tous les spectres correspondants commencent à partir de la raie 4047 du mercure pour finir au delà de la raie 4958 du fer. Les densités photographiques de ces courbes possèdent en même temps des maxima d'intensités des maxima secondaires

se trouvant dans la même région de longueurs d'onde et sans structure spéciale. Voici les principales données numériques :

Courbes.		Longueurs d'onde.
A = Extrait hydroalcoolique (peau)	Début du spectre......	4055
B = Cendres phosphorescentes (os) + SO^4H^2	Maximum secondaire.	4265
C = Cendres fluorescentes (peau) + SO^4H^2	Maximum d'intensité.	4470
D = Cendres phosphorescentes (os)	Maximem secondaire.	4720
	Fin du spectre........	5160

De l'ensemble de ces données, on constate que les courbes B, C, D ont la même allure que celle de l'extrait hydroalcoolique (courbe A) dont l'intensité de fluorescence est remarquable. Toutes ces courbes (A, B, C, D) montrent que les spectres de fluorescence ont pour ainsi dire le même axe (4470) et sont situés dans la région visible du spectre; ce qui est conforme à ma première hypothèse ([4]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la chloropicrine sur la vitamine* B_1 *contenue dans le blé.* Note de M. **Lazare Silberstein**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La chloropicrine, préconisée en 1919 par G. Bertrand ([1]) comme parasiticide, est de plus en plus employée pour la désinsectisation des céréales. C'est ainsi que des stocks importants de blé (environ 1500000 quintaux) ont été récemment traités pour l'Intendance ([2]).

On a constaté que la chloropicrine ne possède qu'une faible action inhibitrice sur les diastases ([3]), qu'elle n'a pas d'action nuisible sur le pouvoir germinatif ([4]) ni sur le gluten du blé ([2]).

Ces résultats étant acquis, il nous a paru intéressant d'étudier également l'action exercée par la chloropicrine sur la vitamine B_1 contenue dans le blé.

([4]) On trouvera les spectrogrammes de fluorescence et les détails dans un prochain Mémoire.

([1]) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 742.

([2]) G. Bertrand et A. Briolay, *C. R. Ac. Agr.*, 22, 1936, p. 522, et G. Bertrand, *Ann. Inst. Pasteur*, 58, 1937, p. 481.

([3]) G. Bertrand et Mme Rosenblatt, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 137.

([4]) C. Shabetai, *C. R. Ac. Agr.*, 19, 1933, p. 76, et *Thèse Sc.*, Paris, 1932.

Dans ce but, les grains ont été traités pendant 72 heures par la chloropicrine, à raison de 25g par mètre cube, c'est-à-dire à des doses dépassant de beaucoup celles qui sont nécessaires à la destruction complète des insectes. Après le traitement, les grains ont été exposés à l'air pendant 12 heures. Les échantillons ainsi traités ne dégageaient plus du tout d'odeur de chloropicrine.

Les grains traités et non traités ont été alors soumis au dosage de la vitamine B, et les résultats comparés.

Pour effectuer ce dosage, nous avons employé la méthode physiologique dite de *maintien du poids*.

Dans cette méthode, l'unité-pigeon est la dose qui, journellement administrée, maintient constant, pendant 10 à 14 jours, le poids de pigeons de 300g. Si le poids est supérieur ou inférieur à 300, on corrige la dose trouvée d'après la formule de Cowgill et Klotz (5) : Vitamine $=$ K $\times$ poids$^{5/3}$.

Les pigeons ont été nourris dès leur arrivée au laboratoire avec un mélange de blé, de maïs et de sarrasin pendant un mois. Après ce laps de temps ils ont reçu un régime de riz poli autoclavé, de sels (6) et d'eau ordinaire. On les a pesés chaque jour. Quand ils ont diminué de poids pendant au moins 5 jours consécutifs, on a interrompu la période préparatoire et commencé le dosage de la vitamine B_1. Pour cela on a ajouté à la nourriture précédente le blé à essayer, aussi de la poudre de viande privée de vitamine B_1 et de l'huile de foie de morue. L'addition de ces deux dernières substances est préconisée par de nombreux auteurs pour éviter des carences multiples. Le riz, l'eau et les sels ont été donnés *ad libitum*, et la poudre de viande sous forme de boulettes obtenues avec de l'eau et de la gélose. On a administré aux pigeons par gavage chaque jour une quantité de boulettes représentant environ un gramme de protides. L'huile de foie de morue a été donnée à raison de 2 gouttes par jour ($0^{cm^3},1$) au moyen d'une pipette.

Nous avons employé pour le dosage 14 pigeons, divisés en deux groupes de 7. Un groupe a reçu le blé non traité, l'autre le blé traité. Ayant choisi dans chacun des deux groupes et pour chaque dose des pigeons de poids sensiblement égaux, nous n'avons pas eu à appliquer la formule de correction aux résultats consignés dans le tableau ci-contre.

---

(5) *Am. J. Physiol.*, 81, 1927, p. 470.
(6) Mélange de sels de G. Bertrand.

Blé non traité. Pigeons n°.	Quantités de blé administrées par jour en grammes.	Gains ou pertes de poids après 14 jours.	*Blé traité à la chloropicrine.* Pigeons n°.	Quantités de blé administrées par jour en grammes.	Gains ou pertes de poids après 14 jours.
1.......	1,0	—28	1.......	1,0	—16
2.......	1,2	—24	2.......	1,2	—20
3.......	1,4	—12	3.......	1,4	—14
4.......	1,5	— 2	4.......	1,5	+ 1
5.......	1,6	+ 4	5.......	1,6	— 2
6.......	1,8	— 1	6.......	1,8	+ 3
7.......	2,0	+ 2	7.......	2,0	+ 8

Il ressort de ces résultats que la dose minima nécessaire au maintien du poids est d'environ 1g,5, et cela aussi bien pour le blé non traité que pour le blé traité. La chloropicrine n'altère donc nullement la vitamine B_1 contenue dans le blé.

Il est intéressant de noter qu'un autre insecticide, l'acide sulfureux, souvent appliqué à la désinfection des navires pour prévenir les épidémies de peste, a une action destructive sur la vitamine B_1, comme l'a constaté Van Veen (7) das le cas du riz.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La fermentation acétique en présence de charbon.* Note de Mme **Yvonne Jérôme-Lévy**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'introduction de charbon dans le milieu de culture de microorganismes et même de végétaux supérieurs est capable de modifier leur croissance. J'étudie ici l'influence de divers charbons sur la fermentation acétique. Ces charbons étaient des charbons végétaux (noix de coco ou bois) activés ou non et des charbons préparés à partir de naphtalène ou d'acétylène. Avant l'emploi, ils subissaient, soit un simple lavage à l'eau redistillée, soit un traitement à l'acide chlorhydrique chaud, puis à la soude, ce dernier suivi de nombreux lavages; ils étaient ensuite séchés à 105°. Suivant leur origine et l'intensité de la purification, les charbons végétaux retenaient entre 12 pour 100 et 1 pour 100 de cendres. Le noir d'acétylène ne laissait

(7) *Congrès Int. Techn. et Chim. des Ind. Agr.*, 1, 1935, p. 13.

que 0,2 pour 100 de cendres; il a été employé tel que ou après lavage à l'eau distillée.

On a recherché l'influence de la pureté et de la nature des charbons et aussi l'influence de leur activation préalable, activation qui était mesurée d'après leur puissance d'absorption vis-à-vis de colorants (bleu de méthylène, violet cristal).

Le milieu de culture employé est de l'eau de levure alcoolisée à 5 pour 100.

Les fermentations sont faites à 29° dans de petites fioles d'Erlenmeyer, sur 20^{cm^3} de liquide, additionnés de 1/100e de charbon. L'ensemencement est fait avec une fiole compte-gouttes dans laquelle la semence a été directement préparée.

Des expériences préliminaires ont montré, qu'en l'absence de bactéries, les propriétés absorbantes et les propriétés catalytiques du charbon n'entraînent pas une modification du milieu suffisante pour fausser le sens des résultats expérimentaux. Les courbes d'acétification par la bactérie, en présence et en l'absence de charbon, sont établies par dosages acidimétriques effectués une ou plusieurs fois par jour.

Nos résultats se résument ainsi : 1° En présence de charbon, il y a accélération de la formation du voile bactérien à la surface du liquide; il en résulte une accélération de la production d'acide acétique. Le phénomène est d'autant plus accentué que la fermentation a un départ plus lent, c'est-à-dire que la quantité de semence introduite est plus faible.

2° La quantité maxima d'acide acétique produite en présence de charbon est, en certains cas, supérieure de 40 pour 100 à celle des témoins. Cette quantité varie avec la vitesse de départ de la fermentation, c'est-à-dire avec la quantité de semence introduite et l'âge de celle-ci.

3° Dans une expérience où la fermentation a été particulièrement rapide, les charbons ont provoqué une accélération de la fermentation, mais la quantité maxima d'acide acétique s'est avérée plus faible dans les fioles à charbon que dans les fioles-témoins. Dans ce cas, le phénomène d'oxydation s'est amplifié et le stade acide acétique a été dépassé.

4° L'accélération de la fermentation acétique est due au charbon lui-même, non aux impuretés qui l'accompagnent. La nature du charbon, le taux des cendres, l'activation préalable, les divers lavages n'ont pas eu d'influence propre. Notre charbon le plus pur (charbon d'acétylène) a aussi favorisé la fermentation. L'accélération de la fermentation n'est pas due non plus à une modification du pH initial du liquide fermentescible.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le polymorphisme des Rickettsies du trachome.* Note de MM. **Auguste Cuénod** et **Roger Nataf**, présentée par M. Félix Mesnil.

Les Rickettsies du trachome se manifestent sous deux formes principales :

1° Des éléments infiniment *petits*, difficiles à mettre en évidence ;

2° Des formes relativement *grandes*, d'un diamètre au moins dix fois supérieur aux précédentes et qui, malgré leur taille, ont généralement passé inaperçues et non identifiées jusqu'à ce jour, en raison sans doute de leur faible colorabilité.

I. Les éléments les plus fins ont été signalés et décrits dans nos diverses publications antérieures [*Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, *Revue du trachome*, *Archives d'Ophtalmologie* (1)]. Ils ne dépassent guère une fraction de micron ; ils sont généralement englués dans la gangue protoplasmique des débris cellulaires. Leur nombre est considérable, leur réfringence est faible ou nulle à cause de leur petitesse et de leur enrobement habituel dans un cytoplasme plus ou moins lysé.

On les met en évidence, d'une part dans les frottis, grâce à la coloration dite négative au moyen de la cyanochine ; d'autre part, dans les coupes très minces et soigneusement colorées au Giemsa.

Ils se présentent soit sous forme de ponctuations, soit sous celle de fins bâtonnets un peu noueux, plus rarement sous la forme, classique pour les Rickettsies, de diplocoques en haltère.

II. Les éléments de grande taille, sur lesquels nous attirons aujourd'hui l'attention, paraissent beaucoup *moins nombreux* que les précédents, mais ils existent constamment aussi dans les follicules trachomateux ; il suffit de les chercher attentivement et de les avoir vus une fois pour les retrouver dans les frottis et dans les coupes.

Ils se rencontrent également dans l'intérieur des cellules, mais c'est à l'état libre et isolés qu'ils apparaissent avec le plus d'évidence.

Ils sont en réalité peu visibles à la lumière transmise directe. Pour les faire apparaître avec netteté, il faut diaphragmer fortement et abaisser sensiblement le condensateur de lumière. Après quelques tâtonnements, on obtient l'éclairage favorable.

Grâce à leur grande réfringence, ils attirent alors immédiatement l'atten-

(1) Années 1935-1937.

tion ; un peu avant ou après la mise au point parfaite, ils se montrent, par *réfraction totale*, sous la forme de petites taches ou de petits points très noirs et déjà très caractéristiques. Mis exactement au point, ils ont l'aspect de *perles brillantes* extrêmement lumineuses.

Ces perles, sans doute sensiblement agrandies en apparence par le mode spécial d'éclairage, atteignent cependant 1 à 2 microns et même plus ; elles sont généralement sphériques, ovoïdes ou ellipsoïdes, parfois un peu rhomboïdales (minuscules petits pépins d'orange).

Dans les frottis et dans les coupes colorées au Giemsa, ces éléments brillants ont des reflets légèrement pourprés.

Fait intéressant, *ils sont parfaitement visibles sur les frottis de pulpe trachomateuse fraîche, non fixée et non colorée*.

Ils apparaissent alors sous l'aspect de petits globules lumineux, tantôt libres et isolés, tantôt, et alors *leur groupe est absolument caractéristique*, sous la forme de petits amas entourant les noyaux des cellules épithélioïdes, tantôt d'un cercle complet, tantôt d'un demi ou d'un quart d'anneau.

Quand le frottis renferme de nombreuses cellules, plus ou moins agglutinées entre elles, la sertissure de leur noyau opaque par ces petits colliers ou demi-colliers de perles brillantes est d'un effet tout à fait inattendu et le frottis ressemble à une véritable broderie.

Il est facile de se rendre compte qu'il ne s'agit pas là de bactéries quelconques ; il suffit de fixer la préparation et d'employer un des colorants usuels à l'aniline (violet de gentiane, etc.) : les cellules du fond se teignent vivement et les Rickettsies restent incolores.

Il ne nous a pas été possible jusqu'à présent de déterminer définitivement le rapport existant entre les grands et les petits éléments rickettsoïdiens du trachome, mais nous pensons que les petits sont issus des grands. En tout cas, il est facile de constater qu'il existe dans une même cellule, à côté des formes grandes, des formes moyennes et même très petites, quoique encore réfringentes.

Au-dessous des éléments les plus ténus, il existe sans aucun doute, comme tend à le prouver la cyanochine, des formes réellement ultramicroscopiques ; ce sont celles qui filtrent à travers les bougies et qui permettent de considérer le trachome comme une maladie à virus filtrable. Nos anciennes recherches avec Ch. Nicolle et nos affirmations à cet égard ([2]) ont été confirmées récemment par le trachomologue Thygeson ([3]).

([2]) Ch. Nicolle, Blaizot et Cuénod, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 241.
([3]) *Arck. of Opktalm.*, 13, 1935, p. 1018.

Les mêmes formes se retrouvent dans l'intestin des poux inoculés avec du virus trachomateux.

Le polymorphisme des Rickettsies du trachome paraît aujourd'hui bien démontré et, dans l'ordre des grandeurs, va des infra-bactéries aux bactéries les plus volumineuses.

Dans l'ensemble, ces faits sont en parfaite concordance avec d'autres fais bien connus en bactériologie.

SÉROLOGIE. — *Nouvelles considérations sur la pallidine des sérums syphilitiques.* Note de MM. **Arthur Vernes, Robert Bricq** et Mlle **Andrée Gager**, présentée par M. Félix Mesnil.

On a dit (¹) que le degré photométrique fourni par un sérum syphilitique dans la réaction au péréthynol est proportionnel au poids d'une substance particulière à ce sérum : la pallidine. Voici, aux erreurs près de multiples opérations sur de très faibles quantités de matière, la représentation (*fig.* 1) pour quelques sérums de cette proportionnalité que nous avons vérifiée chez 350 syphilitiques.

M. Doladilhe (²) a signalé que la pallidine « doit se localiser dans la protéine visqueuse », dont il a indiqué une technique de séparation. Voici notre technique d'extraction de la pallidine en poudre :

A 20^{cm^3} de sérum sanguin syphilitique, chauffé 30 minutes à 55°, ajouter 10^{cm^3} d'une suspension A de péréthynol à 1 pour 6,5 et porter ce mélange à 25° pendant 15 heures. Première centrifugation dans un gros tube jusqu'à éclaircissement. Décanter avec précaution. Verser le précipité et la petite quantité de sérum restant dans un tube taré de $70^{mm} \times 19^{mm}$. Rincer le gros tube avec un peu du liquide décanté, que l'on ajoute dans ce petit tube. Centrifuger 15 minutes; décanter; égoutter; laver le précipité avec 1^{cm^3} d'une solution de NaCl à 6 pour 1000 en brassant avec un agitateur; centrifuger 5 minutes, décanter et égoutter; refaire 3 lavages identiques. Pour enlever l'excès de sel, nn cinquième lavage est fait avec une solution de NaCl à 1 pour 1000. Décanter et égoutter soigneusement. Porter alors le tube dans la glace pilée. Y introduire 4^{cm^3} d'éther sulfurique anhydre, brasser et laisser en contact 15 minutes. Centrifuger dans la glace 2 minutes à 3000 tours. Décanter; refaire 2 fois la même opération avec de l'éther. Quatrième opération identique, mais en substituant à l'éther de l'alcool absolu. Cinquième opération à l'éther (2^{cm^3} seulement). Sixième opération à l'alcool (2^{cm^3} seulement). Septième et huitième opérations à l'éther (2^{cm^3}). Sécher le précipité (dans le vide sur soude caustique, 20 heures) et peser.

(¹) Arthur Vernes, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 684.

(²) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 301; *Annales Institut Pasteur*, 59, 1937, p. 624.

Notre précipité, d'abord adhérent au fond du tube, est devenu une poudre blanche mobile dans l'éther. Les albumines du sérum ont été enlevées complètement, les lipoïdes, les lécithines et les graisses presque complètement. La poudre blanche ainsi obtenue est conservée *à la glacière sur soude caustique et dans le vide.*

Elle garde longtemps (six mois au moins) sa propriété fondamentale : introduite dans un sérum non syphilitique, elle lui confère la propriété d'agir, dans la réaction au péréthynol, comme un sérum syphilitique, proportionnellement au poids de pallidine.

Cette poudre est soluble dans l'eau distillée, mais quand elle n'est pas

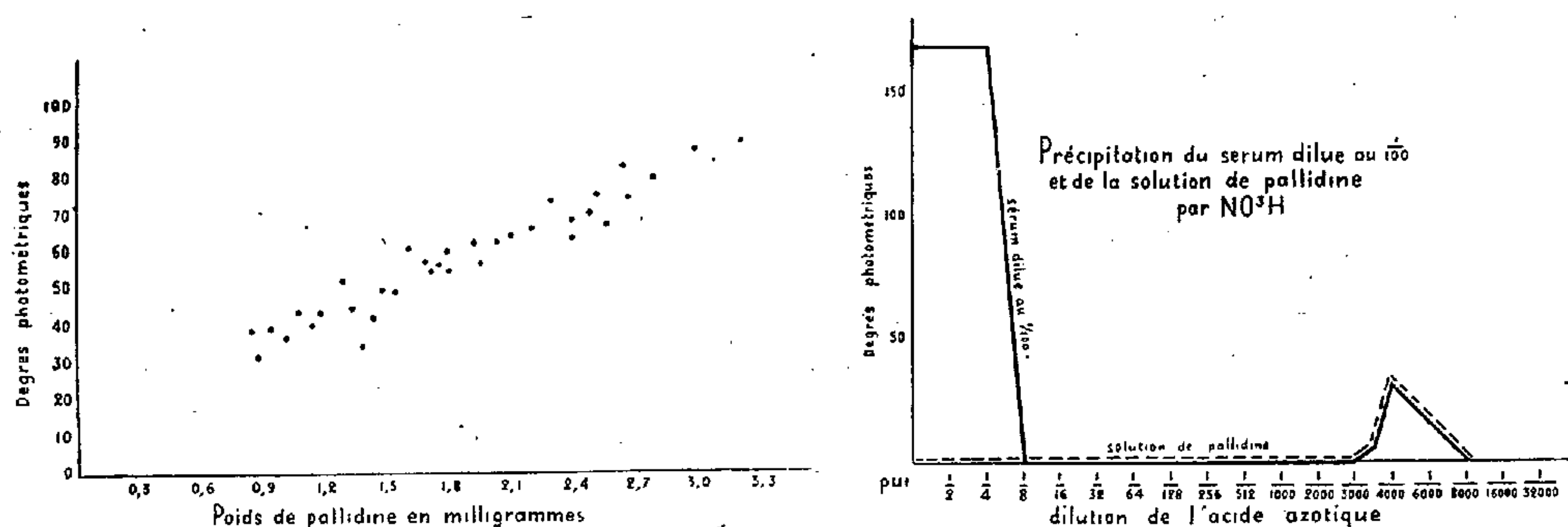


Fig. 1. — Les poids de pallidine sont indiqués pour 20^{cm^3} de sérum syphilitique.

Fig. 2. — Sérum sanguin dilué au 1/100e dans l'eau distillée (exempte de CO^2) et contenant $0^{mg},8$ d'albumine par centimètre cube : 1^{cm^3}; solution de pallidine à $0^{mg},8$ par centimètre cube : 1^{cm^3}; acide azotique à 40° Baumé (pur, puis progressivement dilué) : $0^{cm^3},2$.

de préparation toute récente, il faut, pour la dissoudre totalement, de l'eau légèrement ammoniacale qui n'altère pas ses propriétés. *Elle est totalement insoluble dans une solution de chlorure de sodium à* 1 *pour* 1000.

La pallidine dissoute dans l'eau distillée *ne précipite pas par l'acide azotique concentré.*

En réalité, l'étude de la précipitation par les acides entraînerait des développements sur les conditions de dilution et les phénomènes périodiques sur lesquels on a attiré l'attention antérieurement ([3]), en voici un exemple (*fig.* 2).

A gauche, on voit que la précipitation pour le sérum sanguin dilué (tracé plein) ne se produit pas pour la pallidine (tracé pointillé), alors que l'on observe à droite de la courbe qu'en diluant l'acide de plus en plus, il y une zone (NO^3H dilué plus de 3000 fois et moins de 8000 fois) où il y a formation d'un précipité léger autant pour la dilution de pallidine que pour le sérum dilué.

([3]) A. Vernes, *Comptes rendus*, **165**, 1917, p. 769; **166**, 1918, p. 575. *Travaux et publications de l'Institut Prophylactique*, **2**, 1923, p. 14; **4**, 1926, p. 30.

Il y a précipitation : par l'acide trichloracétique à 20 pour 100, par le sulfate d'ammonium au taux de 28 à 43 pour 100 d'une solution saturée (dans ces deux précipités, on retrouve la pallidine active); par le ferrocyanure acétique, le liquide de Tanret et l'acide phosphotungstique. Il n'y a pas précipitation par la chaleur, même à l'ébullition, mais perte d'activité au-dessus de 55°; enfin la solution de pallidine donne les réactions colorées, xanthoprotéique, de Millon, Biuret, Sakaguchi, Molisch.

En résumé, la poudre blanche obtenue contient une certaine proportion de matière protéidique modifiée, support probable de l'élément actif.

La séance est levée à 15^h50^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1937 (*suite et fin.*)

Histoire de la Médecine, par Eugène Saint-Jacques. Montréal, éditions Beauchemin, 1935; 1 vol. $20^{cm},5$.

Le renforcement des ponts en fer, par André Goelzer et Maurice Lebrun. Mémoire dactylographié avec planches, $27^{cm},5$ (présenté par M. M. d'Ocagne).

FIN DU TOME DEUX CENT-CINQUIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE **1937**.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 205.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

M

N

O

P

R

S



TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D.

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

T

U

V

W

Y

Z



GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
108840-38 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.